

APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA DEPARTAMENTO DEL CESAR.

INFORME FINAL

CORPOCESAR



**Virgilio Calderón Peña – Director General
Raúl Suárez Peña – Coordinador del Convenio
Jorge Armenta – Coordinador del Convenio**

IDEAM



**Carlos Costa Posada – Director General
Hugo Cañas Cervantes – Coordinador del Convenio
Oscar Martínez – Coordinador del Convenio**

DICIEMBRE 2006

CONTENIDO

INTRODUCCION

**Pág.
21**

1. ANTECEDENTES	23
2. OBJETIVOS	26
2.1. Objetivo general	26
2.2. Objetivos específicos	26
3. INFRAESTRUCTURA	28
3.1. Localización y extensión del área de estudio	28
4. CARACTERIZACION AMBIENTAL	31
4.1. Diagnostico del Valle del Río Cesar	31
4.1.1. Características de los Suelos	36
4.1.2. Características de la vegetación	38
4.1.3. Características de la Fauna Silvestre	39
4.1.4. Características Hidrográficas.	40
4.1.4.1. Aguas Superficiales	40
4.1.4.2. Aguas Subterráneas	42
4.1.5. Características Paisajísticas	43
4.1.6. Dotación de Recursos Naturales No renovables	44
5. GEOLOGIA	45
5.1. Región Serranía del Perijá	45
5.1.1. Rocas Metamórficas	48
5.1.1.1. Metasedimentos de Manaure (Pzm-Pzmv)	48
5.1.2. Rocas Ígneas	48
5.1.2.1. Espilitas y otras rocas volcánicas (Trs)	48
5.1.3. Rocas Sedimentarias	48
5.1.3.1. Grupo Cachiri (Pzc)	48
5.1.3.2. Unidad La Quinta Sedimentaria (Jqs)	49
5.1.3.3. Formación Rionegro (Kir)	50
5.1.3.4. Grupo Cogollo (Kmc)	51
5.1.3.5. Formación La Luna (Ksl).	53
5.1.3.6. Formación Barco (Tpb)	53
5.1.3.7. Formación Molino (Ksm)	54
5.1.3.8. Formación Los Cuervos (Tec).	54
5.1.3.9. Formación Cuesta (Tmc)	56
5.2. Región Planicie del Cesar	57
5.2.1. Rocas Sedimentarias	57
5.2.1.1. Formación Sedimentitas de Arjona (Tpaa).	57
5.2.1.2. Depósitos Cuaternarios de Llanura Aluvial (Qlla)	58
5.2.1.3. Depósitos Cuaternarios Abanicos Aluviales (Qcal)	60
5.2.1.4. Depósitos Cuaternarios Aluviones Recientes (Qal)	62
5.2.1.5. Depósitos Cuaternarios de Terrazas (Qt)	63
5.2.1.6. Depósitos Cuaternarios Fluviolacustres (Qfl)	65
5.2.1.7. Depósitos Cuaternarios de Pendiente (Qp)	65
5.3. Geología Estructural	66
6. GEOFISICA	68
6.1. Análisis de Resultados	70
6.1.1. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de Agustín Codazzi.	71
6.1.2. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de Becerril	79
6.1.3. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de El Paso	83
6.1.4. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de Astrea	93

Pág.

6.1.5. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de Chimichagua	102
6.1.6. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de Chiriguaná	105
6.1.7. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de La Jagua de Ibirico	112
7. BALANCE HIDRICO	116
7.1. Delimitación de las cuencas.	117
7.2. Estimación de la Escorrentía	118
7.2.1. Mapas de Isolíneas de Escorrentía.	121
7.3. Estimación de la Precipitación	132
7.3.1. Mapas de Isolíneas de Precipitación.	135
7.4. Estimación de la Evapotranspiración Potencial	146
7.5. Estimación Balance Hídrico	160
7.5.1. Cuenca del Río Ariguani	164
7.5.2. Cuenca del Río Calenturitas	167
7.5.3. Cuenca del Río Casacará.	170
7.5.4. Cuenca del Río Fernambuco	173
7.5.5. Cuenca Arroyo San Antonio	176
7.5.6. Cuenca del Río Magiraimo.	179
7.5.7. Cuenca del Río Sicarare.	182
7.5.8. Cuenca Quebrada Astrea	185
8. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA	188
8.1. Inventario Municipio de Agustín Codazzi.	193
8.2. Inventario Municipio de Becerril	198
8.3. Inventario Municipio de Chimichagua	201
8.4. Inventario Municipio de Chiriguaná	204
8.5. Inventario Municipio de EL Paso	207
8.6. Inventario Municipio de La Jagua de Ibirico	211
8.6. Inventario Municipio de Astrea	214
8.7. Densidad de puntos inventariados	217
9. GEORREFERENCIACION	220
10. MODELO DE FLUJO DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS	225
10.1. Modelo de Flujo Municipio de Agustín Codazzi.	227
10.2. Modelo de Flujo Municipio de Becerril	227
10.3. Modelo de Flujo Municipio de La Jagua	228
10.4. Modelo de Flujo Municipio de Chiriguaná	229
10.5. Modelo de Flujo Municipio de EL Paso	229
10.6. Modelo de Flujo Municipio de Chimichagua	231
10.7. Modelo de Flujo Municipio de Astrea	232
11. CARACTERIZACION FISICO QUIMICA Y BACTERIOLOGICA	233
	Pág.
11.2. Metodología	233
11.2.1. Muestreo	233
11.2.2. Preservación	237
11.2.3. Análisis	237
11.2.3.1. Análisis de campo.	237
11.2.3.2. Análisis de Laboratorio.	238
11.2.4. Resultados	239
11.2.4.1. Calidad del Agua Subterránea	239
11.2.4.1.1. Agua Subterránea para consumo humano	239
11.2.4.1.2. Agua Subterránea para Irrigación.	255

11.2.4.2.3. Agua para Usos Industriales	260
12. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL	264
12.1. Subprovincias Hidrogeológicas	264
12.1.1. Subprovincia Hidrogeológica Serranía del Perijá.	266
12.1.2. Subprovincia Hidrogeológica Planicie del Cesar.	266
12.2. Grupos Hidrogeológicos	266
12.2.1 Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Muy pequeñas.	267
12.2.1.1. Sistema Acuífero Llanura Aluvial (Qlla)	267
12.2.1.2. Sistema Acuífero Aluviones Recientes (Qal).	272
12.2.1.3. Sistema Acuífero Abanicos Aluviales (Qcal).	273
12.2.1.4. Sistema Acuífero Terrazas (Qt).	275
12.2.1.5 Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa).	277
12.2.1.6. Sistema Acuífero Formación Cuesta (Tmc).	279
12.2.1.7. Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).	281
12.2.2. Grupo de Rocas Fracturadas y Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Pequeña.	283
12.2.2.1. Sistema Acuífero Formación La Luna (Ksl)	283
12.2.2.2. Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc)	285
12.2.2.3. Sistema Acuífero Formación Rionegro (Kir)	287
12.2.2.4. Sistema Acuífero Formación Los Cuervos (Tec).	288
12.2.3 Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas o Fracturadas con muy Pequeña Importancia Hidrogeológica o Sin Importancia.	290
12.2.3.1. Depósitos Sedimentarios Cuaternarios con diferentes orígenes y Rocas Sedimentarias Terciarias	291
12.2.3.1.1. Sistema Acuífero Depósitos Fluvio lacustres (Qfl).	291
13. IMPACTOS AMBIENTALES	293
13.1. Saneamiento in situ	295
13.2. Disposición de residuos sólidos	294
13.3. Tratamiento de Aguas residuales	298
13.4. Vertimientos industriales y gasolineras	302
13.5. Actividad minera	302
13.6. Prácticas agrícolas	304
13.7. Cuerpos de agua superficial	305
13.8. Prácticas agropecuarias	306
13.9. Cementerios	306
13.10. Zona de protección de las captaciones de aguas subterráneas	309
14. RED DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.	311
14.1. Pozos de Observación o piezómetros construidos.	312
14.1.1. Pozo de Observación Municipio de Agustín Codazzi.	316
14.1.2. Pozo de Observación Municipio de Becerril.	317
14.1.3. Pozo de Observación Municipio de El Paso	318
14.1.4. Pozo de Observación Municipio de Chiriguaná	319
14.1.5. Pozo de Observación Municipio de Chimichagua	320
14.1.6. Pozo de Observación Municipio de Astrea	321
14.1.7. Pozo de Observación Municipio de La Jagua de Ibirico	322
14.2. Programa de Monitoreo de la calidad y cantidad	323
15. ESTRATEGIA DE PROTECCION	331

16. BASE DE DATOS HIDROGEOLOGICA	334
16.1. Datos generales del punto de agua.	334
16.2. Nombre del propietario y Localización	335
16.3. Coordenadas de punto de agua	336
16.4. Geología y Geomorfología	336
16.5. Construcción y diseño	337
16.6. Explotación y construcción adicionales	338
16.7. Uso del agua	339
16.8. Niveles, caudales y propiedades físicas del agua en campo	341
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Uso del agua subterránea en los valles de los ríos Cesar y Magdalena	23
Tabla 2. Municipios con jurisdicción en el Valle del río Cesar	35
Tabla 3. Interpretación geofísica sondeo CODZ 01	71
Tabla 4. Interpretación geofísica sondeo CODZ 02	72
Tabla 5. Interpretación geofísica sondeo CODZ 04	73
Tabla 6. Interpretación geofísica sondeo CODZ 06	74
Tabla 7. Interpretación geofísica sondeo CODZ 07	75
Tabla 8. Interpretación geofísica sondeo CODZ 09	76
Tabla 9. Interpretación geofísica sondeo CODZ 10	77
Tabla 10. Interpretación geofísica sondeo CODZ 11	78
Tabla 11. Interpretación geofísica sondeo BEC 01	79
Tabla 12. Interpretación geofísica sondeo BEC 02	80
Tabla 13. Interpretación geofísica sondeo BEC 03	81
Tabla 14. Interpretación geofísica sondeo BEC 04	82
Tabla 15. Interpretación geofísica sondeo PASO 01	83
Tabla 16. Interpretación geofísica sondeo PASO 02	84
Tabla 17. Interpretación geofísica sondeo PASO 03	85

Tabla 18. Interpretación geofísica sondeo PASO 04	86
Tabla 19. Interpretación geofísica sondeo PASO 05	87
Tabla 20. Interpretación geofísica sondeo PASO 06	88
Tabla 21. Interpretación geofísica sondeo PASO 08	89
Tabla 22. Interpretación geofísica sondeo PASO 09	90
Tabla 23. Interpretación geofísica sondeo PASO 10	91
Tabla 24. Interpretación geofísica sondeo PASO 12	92
Tabla 25. Interpretación geofísica sondeo ASTR 01	93
Tabla 26. Interpretación geofísica sondeo ASTR 02	94
Tabla 27. Interpretación geofísica sondeo ASTR 03	95
Tabla 28. Interpretación geofísica sondeo ASTR 04	96
Tabla 29. Interpretación geofísica sondeo ASTR 05	97
Tabla 30. Interpretación geofísica sondeo ASTR 06	98
Tabla 31. Interpretación geofísica sondeo ASTR 08	99
Tabla 32. Interpretación geofísica sondeo ASTR 09	100
Tabla 33. Interpretación geofísica sondeo ASTR 10	101
Tabla 34. Interpretación geofísica sondeo CHIM 02	102
Tabla 35. Interpretación geofísica sondeo CHIM 03	103
Tabla 36. Interpretación geofísica sondeo CHIM 07	104
Tabla 37. Interpretación geofísica sondeo CHIR 01	105
Tabla 38. Interpretación geofísica sondeo CHIR 02	106
Tabla 39. Interpretación geofísica sondeo CHIM 03	107
Tabla 40. Interpretación geofísica sondeo CHIR 04	108
Tabla 41. Interpretación geofísica sondeo CHIR 05	109
Tabla 42. Interpretación geofísica sondeo CHIR 07	110
Tabla 43. Interpretación geofísica sondeo CHIR 09	111
	Pág.
Tabla 44. Interpretación geofísica sondeo La Jagua 01	112
Tabla 45. Interpretación geofísica sondeo La Jagua 02	113
Tabla 46. Interpretación geofísica sondeo La Jagua 03	114
Tabla 47. Interpretación geofísica sondeo La Jagua 04	115
Tabla 48 .Cuencas del área de estudio	118
Tabla 49. Estaciones hidrológicas	119
Tabla 50. Valores de escorrentía (mm) por subcuencas.	121
Tabla 51. Estaciones Climatológicas	133
Tabla 52. Valores de Precipitación en (mm) por subcuencas.	135
Tabla 53 .Estaciones utilizadas para el cálculo de evapotranspiración	147
Tabla 54. Valores de evapotranspiración método de García López	148
Tabla 55. Valores de evapotranspiración método de Thornwaite	148
Tabla 56. Parámetros utilizados en el aplicativo	162
Tabla 57. Aplicativo para la cuenca del río Ariguaní suelo arenoso	164
Tabla 58. Aplicativo para la cuenca del río Ariguaní suelo arcilloso	165
Tabla 59. Aplicativo para la cuenca del río Ariguaní suelo limoso	166
Tabla 60. Aplicativo para la cuenca del río Calenturitas suelo arcilloso	167
Tabla 61. Aplicativo para la cuenca del río Calenturitas suelo arenoso	168
Tabla 62. Aplicativo para la cuenca del río Calenturitas suelo limoso	169
Tabla 63. Aplicativo para la cuenca del río Casacará suelo arenoso	170
Tabla 64. Aplicativo para la cuenca del río Casacará suelo arcilloso	171
Tabla 65. Aplicativo para la cuenca del río Casacará suelo limoso	172
Tabla 66. Aplicativo para la cuenca del río Fernambuco suelo arcilloso	173

Tabla 67. Aplicativo para la cuenca del río Fernambuco suelo arcilloso	174
Tabla 68. Aplicativo para la cuenca del río Fernambuco suelo limoso	175
Tabla 69. Aplicativo para la cuenca del Arroyo San Antonio suelo arenoso	176
Tabla 70. Aplicativo para la cuenca del Arroyo San Antonio suelo arcillosos	177
Tabla 71. Aplicativo para la cuenca del Arroyo San Antonio suelo limoso	178
Tabla 72. Aplicativo para la cuenca del río Magiriaimo suelo arenoso	179
Tabla 73. Aplicativo para la cuenca del río Magiriaimo suelo arcilloso	180
Tabla 74. Aplicativo para la cuenca del río Magiriaimo suelo limoso	181
Tabla 75. Aplicativo para la cuenca del río Sicarare suelo arcilloso	182
Tabla 76. Aplicativo para la cuenca del río Sicarare suelo arenoso	183
Tabla 77. Aplicativo para la cuenca del río Sicarare suelo limoso	184
Tabla 78. Aplicativo para la Quebrada Astrea suelo arcilloso	185
Tabla 79. Aplicativo para la Quebrada Astrea suelo arenoso	186
Tabla 80. Aplicativo para la Quebrada Astrea suelo limoso	187
Tabla 81. Inventario total por municipios para el área del convenio 132-2003	191
Tabla 82. Tipos de captaciones inventariadas por municipio.	191
Tabla 83. Estadísticas de las captaciones por municipio.	192
Tabla 84. Captaciones por municipios y unidad geológica	192
Tabla 85. Estadísticas de las captaciones por unidad geológica	192
Tabla 86. Características de las captaciones del municipio de Codazzi.	197
Tabla 87. Características de las captaciones del municipio de Becerril.	200
Tabla 88. Características de las captaciones del municipio de Chimichagua.	203

Pág.

Tabla 89. Características de las captaciones del municipio de Chiriguaná.	206
Tabla 90. Características de las captaciones del municipio de EL Paso	210
Tabla 91. Características de las captaciones del municipio de La Jagua de Ibirico.	213
Tabla 92. Características de las captaciones del municipio de Astrea	216
Tabla 93. Distribución de las captaciones por Cuencas Hidrográfica.	218
Tabla 94. Preservación de muestras	237
Tabla 95. Análisis fisicoquímicos.	238
Tabla 96. Análisis de agua para riego (iones en solución)	238
Tabla 97. Normas y Criterios de Calidad Física, Química y Bacteriológica	241
Tabla 98. Rango conductividad y tipo de aguas de las aguas subterráneas.	252
Tabla 99. Características de los sectores o bloques tectónicos.	269
Tabla 100. Espesor, litología y resistividad de los sectores o bloques tectónicos.	270
Tabla 101. Basamento, tipo de acuífero de los sectores o bloques tectónicos.	270
Tabla 102. Espesor y nivel estático de los sectores o bloques tectónicos.	271
Tabla 103. Calidad del agua subterránea de los sectores o bloques tectónicos.	271
Tabla 104. Caudales captaciones, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento de los acuíferos y capacidad específica de las captaciones en los sectores o bloques tectónicos.	271
Tabla 105. Conductividad del agua y aptitud o uso del agua subterránea en los sectores o bloques tectónicos.	272
Tabla 106. Importancia hidrogeológica y extensión del Sistema Acuífero Aluvión Reciente (Qal).	273
Tabla 107. Importancia hidrogeológica y ubicación de los Abanicos Aluviales.	273
Tabla 108. Litología, espesores y resistividad de los Abanicos Aluviales.	274
Tabla 109. Tipo de acuífero, espesores, nivel estático, y caudales de los Abanicos Aluviales	274

Tabla 110. Calidad del agua, conductividad y aptitud para uso de los Abanicos Aluviales (Qcal)	275
Tabla 111. Conductividad hidráulica de los Abanicos Aluviales	275
Tabla 112. Importancia hidrogeológica y ubicación de las Terrazas Aluvial de La Jagua de Ibirico.	276
Tabla 113. Litología, espesor y resistividad de la Terraza de La Jagua de Ibirico.	276
Tabla 114 Litología de acuífero, espesor nivel estático, y caudales de las captaciones de la Terraza Aluvial de La Jagua de Ibirico.	276
Tabla 115 Calidad del agua, conductividad y aptitud para uso de la Terraza Aluvial de La Jagua de Ibirico.	276
Tabla 116. Conductividad hidráulica de la Terraza Aluvial de La Jagua de Ibirico.	276
Tabla 117. Importancia hidrogeológica y ubicación del Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa)	277
Tabla 118. Tipo de Acuífero, espesores, nivel estático y caudales del Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa)	277
Tabla 119. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa)	278
Tabla 120. Calidad, conductividad y características físico químicas del Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa)	Pág. 278
Tabla 121. Tipo de acuífero, conductividad hidráulica del Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa)	279
Tabla 122. Importancia Hidrogeológica y ubicación de la Formación Cuesta (Tmc).	280
Tabla 123. Tipo de Acuífero, espesor promedio, nivel estático y caudales del Sistema Acuífero Formación Cuesta (Tmc)	280
Tabla 124. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Formación Cuesta (Tmc)	280
Tabla 125. Calidad y características físico químicas del agua del Sistema Acuífero Formación Cuesta (Tmc).	280
Tabla 126 Conductividad Hidráulica del Sistema Acuífero Formación Cuesta (Tmc).	281
Tabla 127. Importancia Hidrogeológica del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).	281
Tabla 128. Litología, espesor promedio del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).	281
Tabla 129. Tipo de Acuífero, Nivel estático y Caudales del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).	282
Tabla 130. Calidad y Características del Sistema Acuífero físico químicas del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).	282
Tabla 131. Conductividad Hidráulica del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).	282
Tabla 132. Importancia Hidrogeológica del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).	283
Tabla 133. Litología, espesor promedio y resistividad del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).	284
Tabla 134. Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).	284
Tabla 135. Calidad y Características físico químicas del agua del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).	285
Tabla 136. Conductividad Hidráulica del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).	285
Tabla 137. Importancia Hidrogeológica del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc).	285
Tabla 138. Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc).	286
Tabla 139. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc)	286

Tabla 140 Tipo de acuífero, calidad y características físico química del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc).	286
Tabla 141 Tipo de acuífero y conductividad hidráulica del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc).	287
Tabla 142. Importancia Hidrogeológica del Sistema formación Rionegro (Kir).	287
Tabla 143. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Formación Rionegro (Kir)287.	287
Tabla 144 Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Formación Rionegro (Kir).	288
Tabla 145. Calidad y características físico química del Sistema Formación Rionegro (Kir)	288
Tabla 146 Tipo de acuífero y conductividad hidráulica del Sistema Acuífero Formación Rionegro (Kir)	288
Tabla 147. Importancia Hidrogeológica del Sistema Formación Los Cuervos (Tec)	289
	Pág.
Tabla 148. Litología, espesor y resistividad del Sistema Formación Los Cuervos (Tec)	289
Tabla 149 Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Formación Los Cuervos (Tec).	289
Tabla 150. Calidad y características físico química del Sistema Formación Los Cuervos (Tec)	290
Tabla 151 Conductividad hidráulica y Coeficiente de Almacenamiento del Sistema Formación Los Cuervos (Tec).	290
Tabla 152. Importancia Hidrogeológica del Sistema Acuífero Depósitos Fluviolacustres (Qfl).	291
Tabla 153. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Depósitos Fluviolacustres (Qfl).	291
Tabla 154 Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Depósitos Fluviolacustres (Qfl).	292
Tabla 155. Calidad y características físico química del Sistema Acuífero Depósitos Fluviolacustres (Qfl).	292
Tabla156. Tipo de Acuífero y Coeficiente de Almacenamiento del Sistema Acuífero Depósitos Fluviolacustres (Qfl).	292

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización del Área de estudio	28
Figura 2. Localización del área de estudio, incluye el área donde se realizó el inventario de puntos de agua.	29
Figura 3. Mapa Ecosistemas Departamento del Cesar	32
Figura 4. Mapa Ecorregiones Estratégicas Departamento del Cesar	33
Figura 5. Cuencas y Subcuencas del área de estudio	41
Figura 6. Mapa Hidrogeológico Departamento del Cesar, Ingeominas, 1994-1995	45
Figura 7. Mapa Geológico del área de estudio.	46
Figura 8. Bloques Tectónicos de la Subprovincia Hidrogeológica Planicie del Cesar	47
Figura 9. Mapa geológico con los sondeos eléctricos verticales.	68
Figura 10. Curva Sondeo Electrico Vertical CODZ 01	71
Figura 11. Curva Sondeo Electrico Vertical CODZ 02	72
Figura 12. Curva Sondeo Eléctrico Vertical CODZ 04	73
Figura 13. Curva Sondeo Eléctrico Vertical CODZ 06	74
Figura 14. Curva Sondeo Eléctrico Vertical CODZ 07	75
Figura 15. Curva Sondeo Eléctrico Vertical CODZ 09	76
Figura 16. Curva Sondeo Eléctrico Vertical CODZ 010	77
Figura 17. Curva sondeo eléctrico vertical CODZ 011	78
Figura 18. Curva sondeo eléctrico vertical BEC 01	79
Figura 19. Curva sondeo eléctrico vertical BEC 02	80
Figura 20. Curva sondeo eléctrico vertical BEC 03	81
Figura 21. Curva sondeo eléctrico vertical BEC 04	82
Figura 22. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 01	83
Figura 23. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 02	84
Figura 24. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 03	85
Figura 25. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 04	86
Figura 26. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 05	87
Figura 27. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 06	88
Figura 28. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 08	89
Figura 29. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 09	90
Figura 30. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 10	91
Figura 31. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 12	92
Figura 32. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 01	93
Figura 33. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 02	94
Figura 34. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 03	95
Figura 35. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 04	96
Figura 36. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 05	97

Figura 37. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 06	98
Figura 38. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 08	99
Figura 39. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 09	100
Figura 40. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 10	101
Figura 41. Curva sondeo eléctrico vertical CHIM 02	102
Figura 42. Curva sondeo eléctrico vertical CHIM 03	103
	Pág.
Figura 43. Curva sondeo eléctrico vertical CHIM 07	104
Figura 44. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 01	105
Figura 45. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 02	106
Figura 46. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 03	107
Figura 47. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 04	108
Figura 48. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 05	109
Figura 49. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 07	110
Figura 50. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 09	111
Figura 51. Curva sondeo eléctrico vertical Jagua 01	112
Figura 52. Curva sondeo eléctrico vertical Jagua 02	113
Figura 53. Curva sondeo eléctrico vertical Jagua 03	114
Figura 54. Curva sondeo eléctrico vertical Jagua 04	115
Figura 55. Mapas cuencas del área de estudio.	117
Figura 56. Mapas con ubicación de las estaciones hidrológicas.	120
Figura 57. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual enero.	121
Figura 58. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual febrero	122
Figura 59. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual marzo	123
Figura 60. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual abril	124
Figura 61. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual mayo	125
Figura 62. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual junio	126
Figura 63. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual julio	127
Figura 64. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual agosto	128
Figura 65. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual septiembre.	129
Figura 66. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual octubre.	130
Figura 67. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual noviembre.	131
Figura 68. Isolíneas de escurrentía media mensual multianual diciembre.	132
Figura 69. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual enero	135
Figura 70. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual febrero	136
Figura 71. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual marzo	137
Figura 72. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual abril.	138
Figura 73. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual mayo	139
Figura 74. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual junio	140
Figura 75. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual julio	141
Figura 76. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual agosto	142
Figura 77. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual septiembre	143
Figura 78. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual octubre	144
Figura 79. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual noviembre.	145
Figura 80. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual diciembre	146
Figura 81. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite enero	149
Figura 82. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite febrero	150
Figura 83. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite marzo	151
Figura 84. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite abril	152

Figura 85. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite mayo	153
Figura 86. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Junio	154
	Pág.
Figura 87. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Julio	155
Figura 88. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite agosto	156
Figura 89. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite septiembre	157
Figura 90. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite octubre	158
Figura 91. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite noviembre	159
Figura 92. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite diciembre	160
Figura 93. Diagrama de flujo del aplicativo para el balance hídrico	163
Figura 94. Balance Hídrico Río Ariguaní (suelo arenoso).	164
Figura 95. Balance Hídrico Río Ariguaní (suelo arcilloso).	165
Figura 96. Balance Hídrico Río Ariguaní (suelo limoso).	166
Figura 97. Balance Hídrico Río Calenturitas (suelo arcilloso).	167
Figura 98. Balance Hídrico Río Calenturitas (suelo arenoso).	168
Figura 99. Balance Hídrico Río Calenturitas (suelo limosos).	169
Figura 100. Balance Hídrico Río Casacará (suelo arenoso).	170
Figura 101. Balance Hídrico Río Casacará (suelo arcilloso).	171
Figura 102. Balance Hídrico Río Casacará (suelo limoso).	172
Figura 103. Balance Hídrico Río Fernambuco (suelo arcilloso).	173
Figura 104. Balance Hídrico Río Fernambuco (suelo arenoso).	174
Figura 105. Balance Hídrico Río Fernambuco (suelo limoso).	175
Figura 106. Balance Hídrico Arroyo San Antonio (suelo limoso).	176
Figura 107. Balance Hídrico Arroyo San Antonio (suelo arcilloso).	177
Figura 108. Balance Hídrico Río Arroyo San Antonio (suelo limoso).	178
Figura 109. Balance Hídrico Río Magiriaimo (suelo arenoso).	179
Figura 110. Balance Hídrico Río Magiriaimo (suelo arcilloso).	180
Figura 111. Balance Hídrico Río Magiriaimo (suelo limoso).	181
Figura 112. Balance Hídrico Río Sicarare (suelo arcilloso).	182
Figura 113. Balance Hídrico Río Sicarare (suelo arenoso).	183
Figura 114. Balance Hídrico Río Sicarare (suelo limosos).	184
Figura 115. Balance Hídrico Quebrada Astrea (suelo arcilloso).	185
Figura 116. Balance Hídrico Quebrada Astrea (suelo arenoso).	186
Figura 117. Balance Hídrico Quebrada Astrea (suelo limoso).	187
Figura 118. Inventario de puntos de agua en los municipios del convenio 132-2003.	188
Figura 119. Mapa geológico e inventario de puntos de agua.	193
Figura 120. Densidad de puntos de captación, por unidad de superficie	217
Figura 121. Inventario de puntos en la zona minera en el área del convenio 132-2003	218
Figura 122. Modelos digital del terreno, elevación (en formato Raster de 150 m)	224
Figura 123. Modelo de Flujo del área del convenio 132-2003.	225
Figura 124. Modelo de flujo semiregional del agua subterránea para la primera capa acuífera para el periodo octubre a diciembre de 2004.	226
Figura 125. Modelo de flujo de aguas subterráneas para los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) en el municipio de Codazzi.	227
Figura 126. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla) en el municipio de Becerril.	228
	Pág.

Figura 127. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla) en el municipio de La Jagua de Ibirico.	228
Figura 128. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla) en el municipio de Chiriguaná.	229
Figura 129. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla) en el municipio de El Paso.	230
Figura 130. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla) en el municipio de El Paso.	230
Figura 131. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Sedimentitas de Arjona (Tpaa) en el municipio de Chimichagua.	231
Figura 132. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Sedimentitas de Arjona (Tpaa) en el municipio de Astrea.	232
Figura 133. Zonificación del ion calcio en el área del convenio 132-2003.	243
Figura 134. Zonificación del ión sodio en el área del convenio 132-2003.	243
Figura 135. Zonificación del ión magnesio en el área del convenio 132-2003.	244
Figura 136. Zonificación del ión carbonatos en el área del convenio 132-2003.	245
Figura 137. Zonificación del ión magnesio en el área del convenio 132-2003.	247
Figura 138. Zonificación del ión nitratos en el área del convenio 132-2003.	249
Figura 139. Zonificación del ión cloruros en el área del convenio 132-2003.	250
Figura 140. Zonificación del pH en el área del convenio 132-2003.	251
Figura 141. Zonificación del área del convenio 132-2003 de acuerdo a su conductividad y su aptitud para riego.	252
Figura 142. Zonificación de la conductividad de las aguas subterráneas de la Formación Sedimentitas de Arjona (Tpaa) en los municipios de Astrea y Chimichagua.	253
Figura 143. Zonificación del ion sulfatos en el área del convenio 132-2003.	254
Figura 144. Diagrama RAS y Conductividad Eléctrica.	256
Figura 145. Zonificación del área del convenio 132-2003 de acuerdo a la relación de absorción de sodio RAS	257
Figura 146. Zonificación área del convenio 132-2003 de acuerdo al Diagrama Wilcox-Thorne	259
Figura 147. Subprovincias Hidrogeológicas en el Departamento del Cesar.	265
Figura 148. Sectores Tectónicos en el Sistema Acuífero Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla)	269
Figura 149. Proyectos mineros de Carbón en el área del convenio 132-2003.	303
Figura 150. Localización de siete piezómetros de la red de monitoreo de aguas subterránea Corpocesar e Ideam.	312
Figura 151. Localización de siete piezómetros en relación al inventario de puntos de agua actualizado durante el convenio 132-2003 Corpocesar-IDEAM.	313
Figura 152. Piezómetros construidos en los municipios de Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, El Paso, Chiriguaná, Chimichagua, y Astrea durante el convenio 132-2003 Corpocesar-IDEAM.	314
Figura 153. Diseño del pozo de observación Municipio Agustín Codazzi	316
Figura 154. Diseño del pozo de observación Municipio Becerril	317
Figura 155. Diseño del pozo de observación Municipio de EL Paso	318
	Pág.
Figura 156. Diseño del pozo de observación Municipio de Chiriguaná	319
Figura 157. Diseño del pozo de observación Municipio de Chimichagua	320
Figura 158. Diseño del pozo de observación Municipio de Astrea	321
Figura 159. Diseño del pozo de observación del Corregimiento Las Palmitas,	

Municipio de la Jagua de Ibirico.	322
Figura 160. Sección del formato-Datos Generales	335
Figura 161 Sección del formato-Datos del Propietario y localización del punto del agua	335
Figura 162. Sección del formato-Coordenadas del punto de agua.	336
Figura 163-Sección del formato-Geología y geomorfología	336
Figura 164. Sección del formato-Diseño y construcción para los aljibes	337
Figura 165. Sección del formato-Construcción y diseño de pozos	338
Figura 166. Sección del formato-Explotación y construcciones adicionales	339
Figura 167. Sección del formato-Uso del agua	340
Figura 168. Sección del formato-Información del punto de agua (pozo, aljibe)	340
Figura 169. Sección del formato-Información de niveles, caudales y propiedades del agua	341

LISTA DE FOTOS

	Pág
Foto 1. Limonitas arenosas masivas de la formación la Quinta Sedimentaria.	49
Foto 2. Colinas EL Bachán y Cerro Porrilla.	50
Foto 3. Panorámica hacia cerros alargados de la Formación Ríonegro al este del Caserío de Aguas Blancas.	51
Foto 4. Afloramiento de lodolitas grises carbonosas del Grupo Cogollo (Kmc) en los cerros al sur de Codazzi.	52

Foto 5. Patrón de fracturamiento de las lodolitas grises carbonosas al sur de Codazzi (Kmc) al sur de los cerros de Codazzi.	52
Foto 6. Afloramiento de lutitas grises y negras de la formación La Luna (Ksl)	53
Foto 7. Mantos de carbón subhorizontales infrayaciendo areniscas de la Formación Cuesta en un pit a cielo abierto de la compañía Drummond.	55
Foto 8. Mantos de carbón inclinados infrayaciendo capas de limos y arenas de los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla), en un pit a cielo abierto de la compañía Prodeco.	55
Foto 9. Gravas gruesas y arenas de la Formación Cuesta en la Loma de Calenturitas	56
Foto 10. Capas de arcillositas violáceas, tonos rojos, intercaladas hacia el tope con capas gruesas de areniscas friables, de la Formación Sedimentitas de Arjona, carretable Astrea-Mandinguilla.	57
Foto 11. Capas de areniscas subhorizontales de la Formación Sedimentitas de Arjona en el carretable Astrea- Mandinguilla.	58
Foto 12. Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla) conformando una topografía plana a semiplana en el sector de Codazzi.	59
Foto 13. Gravas medias a gruesas de los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) en el Botadero de Becerril.	60
Foto 14. Limos arcillosos amarillos de los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) en la planta de tratamiento de agua de Chiriguaná.	60
Foto 15. Topografía plana a semiplana del Abanico Aluvial (Qca) del municipio municipio de Codazzi.	61
Foto 16. Suelos limo arenosos suprayaciendo capas de gravas del Abanico Aluvial de Codazzi (Qca).	62
Foto 17. Gravas medias a muy gruesas en matriz arenosa en el Abanico Aluvial de Codazzi (Qca).	62
Foto 18. Gravas recientes constituidas por cantos subredondeados de rocas ígneas y sedimentarias provenientes de la serranía del Perijá.	63
Foto 19. Arenas y limos sobre el cauce del río Cesar El Caserío de Santa Cecilia.	63
Foto 20. Gravas constituidas por lodolitas grises de la Formación la La Luna en el cauce del río Maracas.	64
Foto 21. Panorámica hacia colinas alargadas que conforman los Depósitos de Terraza Aluvial al norte de Rincón Hondo.	64
Foto 22. Depósitos de Terraza Aluvial en un sector de pequeña minería en la carretera La Jagua-EL Boquerón.	65
Foto 23. Gravas en una matriz limo arenosa en el carretable sector de la carretable Rincón Hondo-Caserío de Aguas Blancas.	67
	Pág
Foto 24. Equipo Terrameter ABEM SAS 4000	69
Foto 25. Configuración Arreglo Schlumberger	70
Foto 26. Receptor del (Sistema de Posicionamiento Global)	70
Foto 27. Georreferenciación un pozo profundo de abastecimiento de Chiriguaná.	189
Foto 28. Aforo volumétrico de aljibes y pozos, durante la ejecución de pruebas de	189
Foto 29. Empleo de la sonda para la medición del nivel estático en un aljibe.	190
Foto 30. Medición del nivel estático en un pozo, mediante el ingreso de la sonda por medio de una tubería de PVC de ¾"	190
Foto 31. Aljibe Enoc Argote, cabecera municipal Codazzi.	194
Fotos 32. Pozos profundos para riego de la Hacienda Suárez.	195
Foto 33. Pozo profundo con bomba sumergible de eje vertical que abastece los cultivos de Palmas Montecarmelo (Agustín Codazzi)	195

Foto 34. Pozo profundo que abastece la empresa de palma Oleaginosas de Casacará.	196
Foto 35. Manantial Pozo Azul	196
Foto 36. Aljibe típico área rural de Becerril.	198
Foto 37. Pozo profundo Palmeras de Alamosa.	199
Foto 38. Panorámica manantial azufral, sobre el lecho del río Maracas.	199
Foto 39. Aljibe típico del Hotel Chimila, cabecera de Chimichagua	201
Foto 40. Pozo de abastecimiento de la cabecera municipal de Chimichagua	202
Foto 41. Pozo ubicado al interior del Casco urbano del Municipio de Chimichagua	202
Foto 42. Aljibe comunitario de Chiriguaná.	204
Foto 43. Pozo de abastecimiento de la cabecera municipal de Chiriguaná	205
Foto 44. Pozo Profundo en La Aurora, (Municipio de Chiriguaná)	205
Foto 45. Aljibe para uso doméstico empresa Drummond	207
Foto 46. Aljibe para uso doméstico de la empresa Drummond	208
Foto 47. Aljibe para uso doméstico de la empresa Prodeco.	208
Foto 48. Pozo profundo Nro.3, que abastece el corregimiento de La Loma (El Paso).	209
Foto 49. Pozo profundo Nro. 10, de la Compañía Drummond Ltd.	209
Foto 50. Aljibe y tanque elevado, corregimiento de Boquerón (La Jagua de Ibirico).	211
Foto 51. Pozo corregimiento Los Palmitos (zona norte)	212
Foto 52. Pozo de abastecimiento de agua del corregimiento Los Palmitos (zona sur)	212
Foto 53. Pozo profundo construido en las afueras del Perímetro corregimiento de Arjona (Municipio de Astrea)	214
Foto 54. Pozo profundo corregimiento de Santa Cecilia. (Astrea)	215
Foto 55. Base GPS carrilera del tren en Chiriguaná.	221
Foto 56. Base GPS Casa de Zinc	221
Foto 57. Base GPS La Jagua de Ibirico.	222
Foto 58. Base GPS La Loma de Calenturitas.	222
Foto 59. Antena receptora del equipo GPS System 500	223
Foto 60. Nivelación de un aljibe típico en el área de estudio.	223
Foto 61. Espectrofotómetro DR/2000	234
Foto 62. Equipo Portátil de Monitoreo HORIBA medidor de Ph, Conductividad Turbiedad, D.O, Temperatura y Salinidad del agua	235
Foto 63. Equipo Mettler Toledo para medir la Conductividad, los Sólidos Disueltos	
	Pág
Totales (S.D.T) y el Ph.	236
Foto 64. Botadero de basura a cielo abierto de Codazzi	295
Foto 65. Botadero de basura a cielo abierto de Becerril.	295
Foto 66 Botadero de basura a cielo abierto de Chiriguaná.	296
Foto 67. Botadero de basura a cielo abierto ubicado sobre el carreteable que conduce al aljibe público de Chiriguaná.	296
Foto 68. Desechos orgánicos arrojados dentro del en el aljibe público de Chiriguaná.	297
Foto 69. Botadero de basura a cielo abierto de Chimichagua.	297
Foto 70. Botadero de basura a cielo abierto de La Jagua de Ibirico.	297
Foto 71. Charcos de lixiviados en el botadero de la Jagua de Ibirico	298
Foto 72. Lagunas de Tratamientos de agua de Codazzi	299
Foto 73. Lagunas de Tratamientos de agua de Becerril.	299
Foto 74. Lagunas de Tratamientos de agua de Becerril, vertimiento final al río Maracas.	300
Foto 75. Lagunas de Tratamientos de agua de Chiriguaná Vertimiento final a la Ciénaga circundante	300

Foto. 76. Lagunas de oxidación del municipio de Chimichagua vertimiento final a la Ciénaga de Zapotosa.	301
Foto 77. Vertimiento a los suelos por rebosamiento de las aguas residuales de las lagunas de tratamiento de La Jagua de Ibirico.	301
Foto 78. Panorámica hacia un pit o frente de explotación de la empresa Drummond ubicado en el área del convenio 132-2003.	303
Foto 79. Manejo de residuos de agroquímicos en la cabecera de las pistas de fumigación.	304
Foto 80. Recipientes de residuos de agroquímicos expuestos a la precipitación.	305
Foto 81. Excavaciones donde se disponen lixiviados de agroquímicos	305
Foto 82. Actividad ganadera cerca de la captación de agua subterránea	306
Foto 83. Cementerio de Codazzi	307
Foto 84. Cementerio de Chiriguaná.	307
Foto 85. Cementerio a la salida de Astrea, vía que conduce a Arjona	308
Foto 86. Cementerio de la Loma de Calenturitas (Municipio de EL Paso)	308
Foto 87 Cementerio de La Jagua de Ibirico.	309
Foto 88. Zona operacional inapropiada de pozo profundo bomba de eje vertical con residuos aceitosos y combustibles.	309
Foto 89. Zona operacional inapropiada de aljibe destapado equipo de bombeo con residuos aceitosos y combustibles	310
Foto 90. Pozo de Observación del Municipio de Agustín Codazzi	316
Foto 91. Pozo de Observación del Municipio de Becerril	317
Foto 92. Pozo de Observación Municipio EL Paso	318
Foto 93. Pozo de Observación Municipio de Chiriguaná	319
Foto 94. Pozo de Observación Municipio de Chimichagua	320
Foto 95. Pozo de Observación Municipio de Astrea	321
Foto 96. Pozo de Observación Corregimiento Las Palmitas Municipio de La Jagua de Ibirico	322
Fotos 97. Diseño final en la cabeza de los piezómetros con sus ademes y capsula metálica para protección de los sensores que se instalaran en los mismos	323
	Pág
Foto 98. Monitoreo de un pozo de abastecimiento de agua para riego de la Hacienda Suárez, próximo al pozo de monitoreo de Codazzi	324
Foto 99. Monitoreo de niveles con sondas convencionales en el piezómetro de Astrea	325
Foto 100. Muestreo de las aguas del piezómetro de Astrea con una bomba peristáltica	325
Foto 101. Muestreo de las aguas del piezómetro de Astrea con una bomba peristáltica	325
Foto 102. Calibración de una sonda de presión para registra los niveles estáticos en el piezómetro de Becerril	326
Foto 103. Instalación preliminar de una sonda de presión para registrar las variaciones en magnitud de los niveles estáticos en el piezómetro de Becerril	326
Foto 104. Monitoreo de niveles con sondas convencionales en el piezómetro de Becerril.	326
Foto 105. Monitoreo de niveles con sondas convencionales en el piezómetro de Chimichagua.	327
Foto 106. Monitoreo de niveles en el aljibe público de Chimichagua	327
Foto 107. Monitoreo de parámetros físico químicos en el aljibe público de Chimichagua.	327
Fotos 108, a y b Monitoreo de niveles con sonda convencional en el piezómetro de Chiriguaná.	328
Foto 109. Monitoreo de un pozo de abastecimiento de agua potable del acueducto de Chiriguaná, cercano al piezómetro de Chiriguaná.	328
Foto 110. Monitoreo de un aljibe público del acueducto de Chiriguaná.	329

Foto 111. Monitoreo con sonda convencional en el piezómetro de El Paso.	329
Foto 112. Calibración preliminar de una sonda de presión para el monitoreo continuo de los niveles estáticos en el piezómetro del Corregimiento de Las Palmitas, Municipio de La Jagua de Ibirico.	330

LISTA DE ANEXOS

Anexo A:
Anexo B:
Anexo C;
Anexo D: Inventario de puntos de agua, formato digital
Anexo E:
Anexo F:



APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

INTRODUCCION.

El agua subterránea en el departamento del Cesar ha servido de sustento a las actividades de desarrollo en la última década especialmente, como consecuencia de la reducción en la oferta hídrica superficial debido al cambio en el régimen climático en la parte norte del país. Así, la presión a que se ha visto sometida el agua subterránea por parte de los diversos actores (sector agropecuario y agroindustrial, minería, desarrollo urbano) ha resultado en la ocurrencia de impactos ambientales, principalmente sobre la calidad del agua: aporte de agroquímicos a lo largo de 30 años, alteración de los patrones de flujo subsuperficial como consecuencia de la remoción de grandes volúmenes de suelo en la minería, vertimiento de aguas residuales sin tratamiento completo o sin ningún tratamiento, que han provocado efectos indeseables: en la población que se ha servido de ese recurso (enfermedades mortales como el cáncer tienen el más alto índice del país); en la calidad del hábitat asociado a manantiales, alterada por la construcción de obras de infraestructura nacional y regional, y en la estabilidad de corrientes de agua superficial íntimamente ligadas al régimen de las formaciones de acuíferos.

La demanda incontrolada por parte de los actores en mención amenaza en el mediano plazo con alterar definitivamente el comportamiento del agua subterránea en las ecorregiones de los valles de los ríos Cesar y Magdalena, en donde se lleva a cabo la mayoría de la actividad productiva del departamento del Cesar. La iniciativa planteada busca precisamente poner control a dicha clase de demanda, modificando la actitud de la sociedad, permitiendo que la misma, en medio de un proceso de capacitación, participe en la toma de decisiones y diseño de la estrategia a adoptar para el aprovechamiento sostenible de tan importante recurso.

La Gobernación del Cesar en el marco del Plan de Desarrollo “Hacia un Estado Comunitario” ha priorizado sus inversiones para el desarrollo socioeconómico y ambiental de la región, en reinvertir las regalías del carbón y de recursos provenientes del presupuesto nacional en la sostenibilidad en cantidad y calidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos ya que constituyen la fuente de abastecimiento de agua para los acueductos municipales y veredales, al igual que para riego de proyectos agrícolas proyectados a mediano y corto plazo en el Departamento. La Departamento del Cesar a través de la secretaria de Minas y Desarrollo Agroindustrial y Ambiental solicitó al Ideam y a Corpocesar la realización de un proyecto de evaluación de aguas subterráneas en la cabecera y área de influencia rural del municipio de Valledupar.

La capacidad técnica y científica del IDEAM como instituto de investigación y de generación de información técnica y científica en el campo de la hidrológica básica y aplicada del país hace que entidades de orden regional y local soliciten aunar esfuerzos técnicos y económicos que permitan optimizar la eficacia y eficiencia para la ejecución del Plan de Desarrollo “Hacia un Estado Comunitario” del actual gobierno.

Corpocesar como autoridad ambiental regional del departamento del Cesar evalúa la oferta natural ambiental, lo que le permite implementar sus resultados para el beneficio social y

económico de los diferentes sociales y actores económicos que ven el agua subterránea la fuente principal abastecimiento para diferentes usos.

El IDEAM en el marco de su Plan Operativo Anual ha contemplado la ejecución de proyectos de Modelación Hidrológica para diferentes fines; especialmente la cuantificación en cantidad y calidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos como insumo básico para el Balance Hídrico Nacional y por consiguiente para el Estudio Nacional del Agua y el Informe sobre el Estado de los Recursos Naturales de Colombia.

Corpocesar dentro del desarrollo de su proyecto Administración y Protección integral del Agua Subterránea y Valle del Río Magdalena, en el Departamento del Cesar contempla la formulación e implementación de un Plan de Manejo y Protección Integral de los Sistemas Acuíferos del Departamento lo que permite ejecutar los planes de gestión del uso, manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos del departamento.

Se hizo presencia en siete municipios: Agustín Codazzi, Becerril., La Jagua de Ibirico, Chiriguana, El Paso, Astrea y Chimichagua, abarcando tanto la zona rural como las cabeceras urbanas y principales corregimientos. Se estima que los beneficiarios del proyecto alcanzan 161541 personas (Fuente PGAR 2002 – 2012).

1. ANTECEDENTES

El departamento del Cesar tradicionalmente ha soportado su economía en el sector agropecuario, aunque en el último lustro se ha tenido un incremento en la participación del sector minero, especialmente el del carbón. Es así como al examinar el comportamiento del Producto Interno Bruto en el período 1995 a 1998 (información consolidada disponible) se encuentra que el sector agropecuario experimentó una reducción del 37.1% al 32.1%, mientras que la minería pasó del 10.3% al 14.6% en el mismo período, presentándose esta participación mayoritaria de los usos tradicionales del suelo por factores culturales (el comercio y la prestación de servicios no se han posicionado adecuadamente). Así, hace treinta años la intensa demanda de agua superficial para fines agrícolas, satisfacía holgadamente la economía de ese entonces.

No obstante, en la última década se ha tenido un descenso drástico en los valores de los caudales medios de las corrientes superficiales, hasta el punto de permanecer sin flujo durante una significativa parte del año, afectando especialmente acueductos municipales y veredales y extensas zonas de cultivo y ganadería. Esta situación conllevó a un aumento en la demanda del agua subterránea, como única alternativa en algunos casos, para satisfacer las necesidades de la población, especialmente en los valles de los ríos Cesar y Magdalena, dos de las ecorregiones estratégicas definidas por Corpocesar. En estas zonas, según Ingeominas, para el año 1994 se extraían anualmente los siguientes volúmenes de agua subterránea (millones de metros cúbicos / año): Tabla 1.

Tabla 1. Uso del agua subterránea en los valles de los ríos Cesar y Magdalena

USO	VALLE RIO CESAR		VALLE RIO MAGDALENA		TOTAL
	ALJIBE	POZO	ALJIBE	POZO	
DOMESTICO	2.253.700,00	7.785.450,00	2.050.000,00	124.000,00	12.213.150,00
INDUSTRIAL GANADERO	3.295.200,00	1.213.700,00	23.100,00	146.700,00	4.678.700,00
IRRIGACION	369.000,00	23.242.000,00			23.611.000,00
PUBLICO	603.200,00	569.000,00	15.000,00	209.600,00	1.396.800,00
SUB TOTAL	6.521.100,00	32.810.150,00	2.088.100,00	480.300,00	41.899.650,00

Fuente: Ingeominas, 1995, Evaluación del Agua Subterránea en el Cesar

Las reservas se han calculado cerca de los 220 millones de metros cúbicos, no significando esto que hay disponibilidad ilimitada de agua subterránea, ya que en ello inciden factores como la rentabilidad de la extracción y las posibilidades técnicas para la misma. De manera generalizada, según Ingeominas (1994) se tienen 508 pozos profundos, 2851 aljibes y 60 manantiales que son aprovechados. Esta cifra muy seguramente ha cambiado, ya que algunas entidades de gobierno (departamental y municipal) han perforados gran número de pozos en los últimos 7 años, por lo que se precisa de la respectiva actualización

Paradójicamente, a pesar de no poseer características que la hagan apta en su totalidad para ello, el agua subterránea es usada principalmente para la irrigación de cultivos, con lo que se tiene que los usuarios deberían someterla a tratamiento así como aprovecharla en forma moderada, con el fin de evitar alterar el suelo.

El régimen hidrogeológico en las ecorregiones mencionadas es tal, que la estabilidad de los ríos Cesar y Magdalena depende de la estabilidad de los acuíferos (reservas) a que se hizo alusión.

De otra parte, el auge de la minería a cielo abierto (creció un 133% entre 1995 y 1997) ha provocado el que se haga o se planea hacer un uso intensivo del agua subterránea (proyectos La Loma, Calenturitas, El Hatillo, El Descanso, todos de gran minería), concentrando así la demanda en una zona específica (al centro del departamento).

Así, de manera general el impacto negativo resultante de las actividades de desarrollo departamental está representado por el aporte de agroquímicos, durante al menos 30 años, los cuales eran usados indiscriminadamente hasta el punto de que los sobrantes eran enterrados junto con sus contenedores (que luego se rompían por deterioro), especialmente en las zonas algodóneras de Agustín Codazzi, en donde desde 1963 se recurrió a esa práctica absurda, patrocinada por el Gobierno Nacional a través del Minagricultura, resultando esto, con el paso del tiempo, en la afectación de la población por ocurrencia de enfermedades como cáncer, reducción apreciable de los niveles de colinesterasa (enzima del cuerpo humano relacionada con el funcionamiento del sistema nervioso), entre otros efectos, ya que la población se sirve del agua del subsuelo. Se estableció que en Agustín Codazzi, el área afectada está dentro y fuera del perímetro urbano, y que el volumen directamente afectado con los enterramientos es de 1924 metros cúbicos, además de lo contaminado por la dispersión del contaminante.

También se tiene la modificación del régimen hidrogeológico en la zona minera (estribaciones de la serranía de los Motilones y zona central plana del departamento del Cesar), en donde se han realizado grandes excavaciones, así como la eventual ocurrencia del fenómeno conocido como Drenaje Ácido de Minas, que puede llegar a aportar elevados niveles de sulfuros a las corrientes superficiales y, aún, a las subterráneas.

Por último, también hay afectación derivada de el desarrollo urbano, en el que no se tiene la total o adecuada cobertura del servicio de saneamiento básico, y el tratamiento de aguas servidas no es llevado a cabo en forma completa en la mayoría de los casos (el índice de NBI es del orden de 32.1%, mientras que el de la Nación es de 24.9%): sólo el 63% de la zona urbana y el 8% de la zona rural tiene alcantarillado, pero sin la calidad requerida y sin el ciclo completo de tratamiento (fuente: Plan de Desarrollo del departamento del Cesar).

Teniendo en cuenta lo anterior, es imperativo adelantar acciones encaminadas al manejo integral y a la protección de los acuíferos regionales del departamento, representadas básicamente por el conocimiento actualizado del régimen hidrogeológico subregional, diseño del modelo de aprovechamiento del agua subterránea y la prevención de la contaminación del recurso en cuestión, así como el involucrar a la comunidad usuaria del recurso en la toma de decisiones para el manejo del mismo. Para lo anterior se propone ejecutar esta iniciativa dentro del marco del Proyecto Piloto Nacional de Manejo y Protección Integral de las Aguas Subterráneas en Colombia, liderado por el Ministerio del Medio Ambiente, Ingeominas e Ideam, y que ha contado en el pasado con cooperación técnica internacional.

La zona específica de estudio se ha escogido hacia el centro del departamento del Cesar, en la parte baja del Valle del río del mismo nombre, en jurisdicción de los municipios de El Paso, La Jagua de Ibirico, Chiriguana y Becerril. En esta zona piloto, se llevan a cabo las siguientes actividades, que influyen en el comportamiento socioeconómico del departamento: explotación de carbón mineral (a cielo abierto), actividad que se ha venido desarrollando desde hace al menos una década; agroindustria (cultivo y extracción de aceite de palma africana), ganadería y cultivo de pastos, y la dinámica urbana de algunos corregimientos y poblaciones (La Loma, Boquerón, en El Paso), que han experimentado un incremento en su población a causa del auge de la minería aludida. Todas estas actividades aprovechan el agua subterránea, disponible en acuíferos ubicados a profundidades del orden de 100 metros.

Otro tema relacionado con el recurso agua subterránea es el de la contaminación con productos o residuos químicos, que han llegado al subsuelo, contaminándolo en grado desconocido; este problema se presenta, al igual que en todo el país, en las zonas agrícolas, ya que aparentemente a instancias del mismo Gobierno Nacional (Ministerio de Agricultura) y de algunos gremios, se procedía a enterrar los contenedores de químicos que no eran utilizados, en lugar de devolverlos a los respectivos proveedores. Corpocesar, realizó un estudio de caracterización de uno de estos enterramientos, detectado en la zona urbana de Agustín Codazzi, el cual arrojó como resultado una serie de propuestas de solución para la evacuación de tales residuos y su disposición final, siendo escogida, aunque sin entrar en detalle en cuanto al sitio ni a los diseños de ingeniería, la de construcción de un relleno sanitario de alta seguridad. Este problema específico requiere de una solución, que se prevé costosa por las características del mismo; en este sentido, Corpocesar recientemente y en forma conjunta a través del suministro de información técnica - sobre el caso de los enterramientos de Agustín Codazzi - a Ingeominas e Ideam, coadyuvó para la formulación de otro proyecto, de naturaleza distinta al que se formula en esta oportunidad, que está encaminado al análisis y solución del caso mencionado, y que fue inscrito por dichas entidades ante la Agencia Internacional de Energía Atómica, dentro del proyecto nacional de protección de acuíferos.

De manera similar, Corpocesar ha venido actuando conjuntamente con el MAVDT y la FAO para afrontar la solución a otro problema que, aunque de características distintas, puede llegar afectar el agua subterránea, y es el representado por la acumulación o almacenamiento inadecuado de desechos de químicos en una bodega localizada en el corregimiento de Caracolicito, Municipio de El Copey. Las acciones desarrolladas están representadas por el inventario de lo almacenado, capacitación de funcionarios de la autoridad ambiental, el ente territorial y la comunidad, para que se coadyuve al reporte de eventuales incidentes que ocurran en el almacenamiento en cuestión. Con el liderazgo del MAVDT, Se encuentra en planeamiento la implementación de la solución definitiva, que consistiría en la evacuación de los desechos hasta su lugar de origen, con lo que se aspira a eliminar el riesgo potencial representado por la circunstancia descrita.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Corpocesar y el IDEAM en el marco de sus funciones institucionales requieren generar una estrategia que permita mejorar el manejo y la sostenibilidad de los recursos de aguas subterráneas en el departamento del Cesar, a través de la implementación de una metodología socialmente equitativa, económicamente viable y ambientalmente aceptable para el manejo de las aguas subterráneas.

2.1.1. Objetivos Específicos.

- Determinar el modelo hidrogeológico subregional en los principales sistemas acuíferos que se extienden en la ecorregiones de los valles del Río Cesar y el valle del Río Magdalena para diseñar políticas de administración del recurso agua subterránea.
- Diseñar las estrategias necesarias para el manejo sostenible del aprovechamiento del agua subterránea así como para la prevención de la contaminación de dicho recurso en el área de estudio

Las actividades que se ejecutaron para llevar los objetivos mencionados anteriormente incluyeron las siguientes actividades:

- ✓ Recopilación, análisis y evaluación de información hidrogeológica y temática relacionada para el banco de datos del proyecto,
- ✓ Evaluación del modelo geológico del área de estudio.
- ✓ Evaluación geofísica (prospección geoeléctrica) en sitios de interés hidrogeológico y ambiental.
- ✓ Estimación del balance hídrico para estimación de la recarga potencial que incluyo campañas de hidrología.
- ✓ Actualización del Inventario de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales) y georreferenciación de fuentes potenciales de contaminación puntual y difusa,
- ✓ Evaluación hidrogeoquímica y análisis de laboratorio para definir la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea.
- ✓ Nivelación topográfica y georreferenciación de puntos de agua de los sistemas de acuíferos de interés, para elaborar la red de flujo y diseñar la red de monitoreo.

- ✓ Evaluación del modelo de flujo de los sistemas acuíferos de interés hidrogeológico y ambiental.
- ✓ Evaluación hidrogeológica de las unidades acuíferas y formulación del Modelo Hidrogeológico Conceptual.
- ✓ Evaluación ambiental de los sistemas acuíferos.
- ✓ Diseño construcción y puesta en operación de una red de monitoreo.
- ✓ Establecer las pautas de una estrategia de protección ambiental.
- ✓ Diseño e implementación de una base de datos sistematizada para la información hidrogeológica.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron una serie de actividades que permitieron consolidar técnica y logísticamente a Corpocesar e IDEAM las cuales se mencionan a continuación:

- Seminarios de formación técnica a funcionarios de entidades municipales y de la autoridad ambiental para la gestión del uso del agua subterránea.
- Realización de Talleres de divulgación y formación comunitaria para la gestión del uso del agua subterránea.
- Adquisición de equipo de monitoreo y muestreo para la gestión del uso del agua subterránea (sonda, muestreador, piezómetro).
- Adquisición de equipo de cómputo para cartografía del proyecto (computador, impresora a color).
- Reuniones técnicas para seguimiento a la ejecución del proyecto, entre MAVDT, Ideam y Corpocesar.
- Apoyo técnico y social a la ejecución del proyecto.
- Legalización del aprovechamiento actual de agua subterránea.

3. INFRAESTRUCTURA

3.1 Localización y extensión del área de estudio.

La zona de ejecución del proyecto se localiza al centro del departamento del Cesar en la parte baja del valle del río Cesar. La extensión geográfica es de hasta 2000 km² y se extiende en la jurisdicción de los municipios de Agustín Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguaná El Paso, Astrea y Chimichagua, Figura 1.

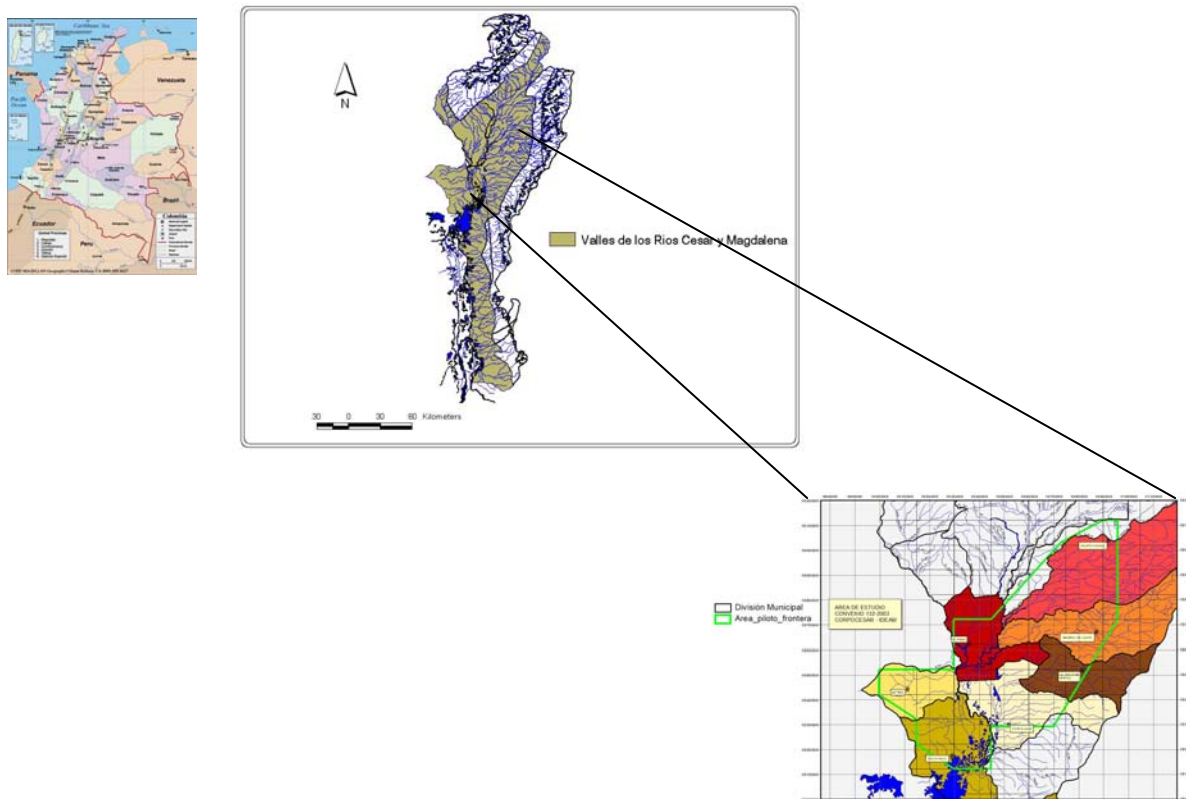


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.

Básicamente la población directamente beneficiada por el proyecto planteado es aquella que utiliza el agua subterránea (Figura 2) para el desarrollo de actividades agropecuarias (principalmente riego y consumo humano) e industriales (procesos agroindustriales y mineros especialmente). Particularizando, en el sector agroindustrial se tienen las empresas palmicultoras (incluyendo una que posee una planta de extracción de aceite de palma, junto a otras empresas que sólo desarrollan el cultivo en cuestión) y las de obtención de azúcar (un ingenio).

En general, la zona del proyecto es de aptitud agraria. Dentro del contexto departamental, en el sector pecuario los propietarios de pozos y aljibes aprovechan en parte el agua subterránea para abrevadero de 1'470.000 cabezas de ganado (año 2001, fuente URPA –

Cesar), en una extensión de 804.000 hectáreas. Se suman las empresas mineras del centro del departamento, que ocupan 250 kilómetros cuadrados en el valle del río Cesar y 65 kilómetros cuadrados en la serranía de los Motilones. Dentro de este grupo de usuarios se tienen acueductos municipales como el de El Paso y numerosos veredales y/o corregimentales. En la zona del proyecto (zona piloto) se inventariaron disponible 1118 puntos de aprovechamiento de agua subterránea (entre aljibes y pozos profundos, manantiales y aljibes-pozos).

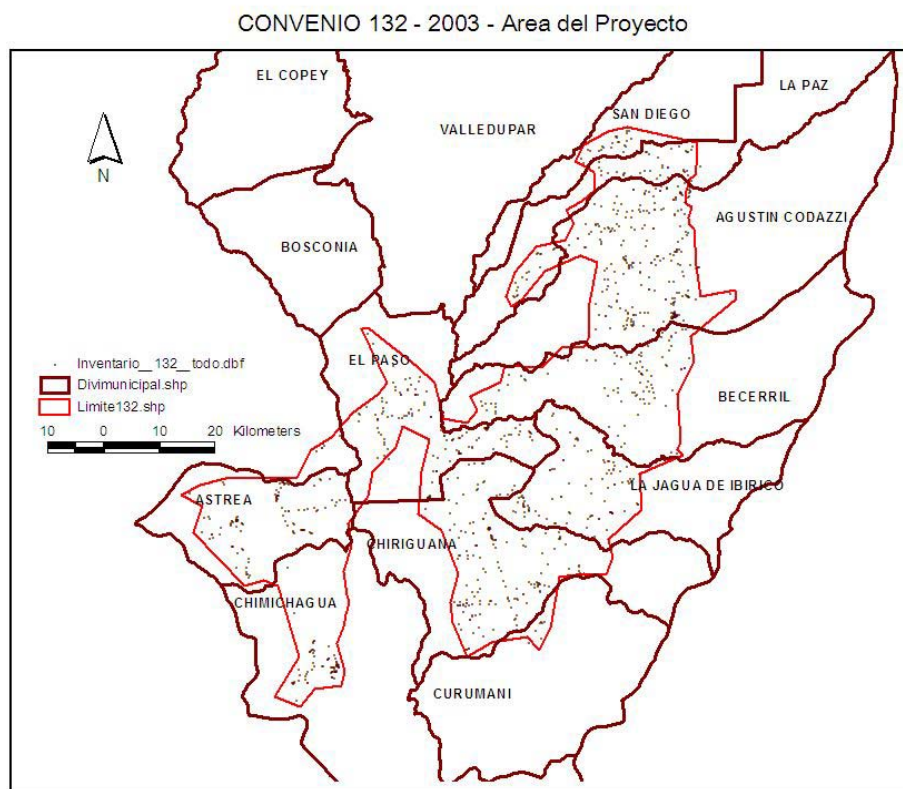


Figura 2. Localización del área de estudio donde se actualizó el inventario de puntos de agua.

El corregimiento de La Loma reviste especial importancia dentro de la zona piloto, ya que, junto con la cabecera municipal de La Jagua de Ibirico, se constituye en el centro urbano más importante de la región, puesto que es foco de prestación de servicios para el inmediato futuro, así como atractivo para la población que está migrando hacia esa porción del departamento del Cesar, en búsqueda de empleo y un incremento en sus ingresos económicos, derivados especialmente de las actividades conexas a la explotación minera y de la agroindustria de la palma africana. En este corregimiento se tienen tres pozos profundos, de los que se extrae entre 2 y 17 litros de agua por segundo, siendo bombeados 10 a 12 horas al día, para suministro del recurso a la población asentada allí. Otros centros poblados existentes en la zona, y que hacen uso del agua subterránea son:

Potreriillo, Cuatro Vientos, Vallito, El Carmen, (El Paso) cada uno de los cuales cuenta con un pozo cuya profundidad es de 80 metros, de los que en promedio se extraen entre 10 y 18 litros de agua por segundo. En estos centros poblados (junto a la cabecera municipal que posee dos pozos profundos) se concentran aproximadamente 13.000 habitantes, aunque, como ya se ha mencionado, la población está aumentando (no se ha censado para obtener la tasa de crecimiento) atraída por la expectativa de los proyectos mineros.

También dentro de la zona piloto escogida, en el Municipio de Becerril se tiene un pequeño centro poblado llamado El Descanso, mientras que en La Jagua de Ibirico se localizan Boquerón y Palenquillo, en donde también se hace aprovechamiento de agua subterránea para suministro a la población.

La actividad minera, especialmente la de gran minería desarrollada por la empresas Drummond Ltd. y (eventualmente o en forma intermitente) por Prodeco C.I. y Carbones del Cesar entre otras medianas, también capta agua subterránea, a través de 15 puntos (entre aljibes y pozos profundos), además de haber intervenido en gran magnitud la dinámica hidrogeológica subregional, al realizar grandes excavaciones para la extracción del carbón. La proyección de esta actividad (que actualmente ocupa una extensión de 160 km²) es la de ocupar al menos 300 km², con lo que se tiene que la demanda de agua subterránea se incrementará, habida cuenta de que la disponibilidad superficial no es permanente ni de la mejor calidad para los fines mineros.

La agroindustria de la palma africana, en la zona piloto es básicamente desarrollada por la empresa Palmeras de Alamosa, la cual procesa el aceite de dicha palma, para lo que capta agua subterránea destinada al funcionamiento de la planta en cuestión. Esta empresa ocupa una extensión de 950 hectáreas, a las que se suman 850 hectáreas en Agustín Codazzi (Palmas de Casacará) y 1300 hectáreas en el municipio de Becerril, estas últimas de una empresa que aunque no posee planta extractora, también realiza aprovechamiento de agua subterránea.

La actividad rural (fincas y haciendas de la zona) tiene soporte en el aprovechamiento del agua subterránea, ya sea para consumo de los habitantes de los predios, o para riego de pastos, para lo cual de acuerdo a los datos obtenidos por Ingeominas, se requiere de un tratamiento menor, mientras que si el uso es industrial, se requiere de un proceso posterior con el objetivo de evitar los daños en las maquinarias.

4. CARACTERIZACION AMBIENTAL

El Gobierno Nacional en su Plan Nacional de Desarrollo (PND) ha considerado al agua, por constituirse en elemento excepcional para el sustento de la población y sistema productivos, como un recurso estratégico y articulador de las políticas en materia ambiental. El agua subterránea, al hacer parte del ciclo hidrológico, está necesariamente insertada en dicha estrategia, por lo que el proyecto representado por la iniciativa planteada es consistente con las políticas enmarcadas en los dos grandes objetivos del PND, como son el crecimiento económico y sostenibilidad ambiental (en el programa de manejo integral del agua) y el incremento en la eficiencia del estado en lo relacionado con la gestión ambiental.

El Plan de Gestión Ambiental Regional 2002 – 2012, identifica al agua subterránea como un recurso sometido a la acción de diversos agentes o vectores del desarrollo, que ocasionan impactos negativos sobre su cantidad y especialmente su calidad, planteando la necesidad de tomar acciones encaminadas al manejo integral de este importante elemento.

Así mismo, debe tenerse en cuenta que el Gobierno Nacional, impulsa la actividad económica, la generación de empleo y la generación de recursos económicos mediante el Plan Nacional de Desarrollo Minero. Este Plan busca aumentar la explotación de recursos minerales existentes en el subsuelo. Así, esta actividad intervendrá el recurso agua subterránea, por lo que es preciso el actuar de manera anticipada y paralela al Plan aludido, y desarrollar estrategias que garanticen la sostenibilidad del aprovechamiento del agua subterránea.

El MAVDT impulsa la dotación de infraestructura de servicios públicos, especialmente el de acueducto, en las poblaciones que carecen de ellos. En el caso de la zona del proyecto, el acceso al agua para consumo se hace mediante pozos profundos, aljibes y manantiales, por lo que el proyecto encuentra igualmente soporte en la voluntad del Gobierno Nacional para garantizar el suministro de agua a la población más necesitada, de una manera sostenible.

4.1. DIAGNÓSTICO DEL VALLE DEL RÍO CESAR.

El departamento del Cesar se caracteriza por poseer una gran riqueza ambiental, la cual presenta características diversas y particulares determinadas por su ubicación en el territorio; razón por la cual, para la evaluación y valoración de sus condiciones ambientales se ha procedido a identificar los siguientes cinco ecosistemas: (Plan de Gestión Ambiental Regional, documento de trabajo, Corpocesar), Figura 3.

- ✓ la Sierra Nevada de Santa Marta,
- ✓ el Sistema Montañoso de la Serranía del Pericá,
- ✓ el Complejo Cenagoso y Humedales y
- ✓ las llanuras aluviales de los Valles de los ríos Cesar y Magdalena

Los criterios que se han tenido en cuenta para realizar esta clasificación son los siguientes:

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

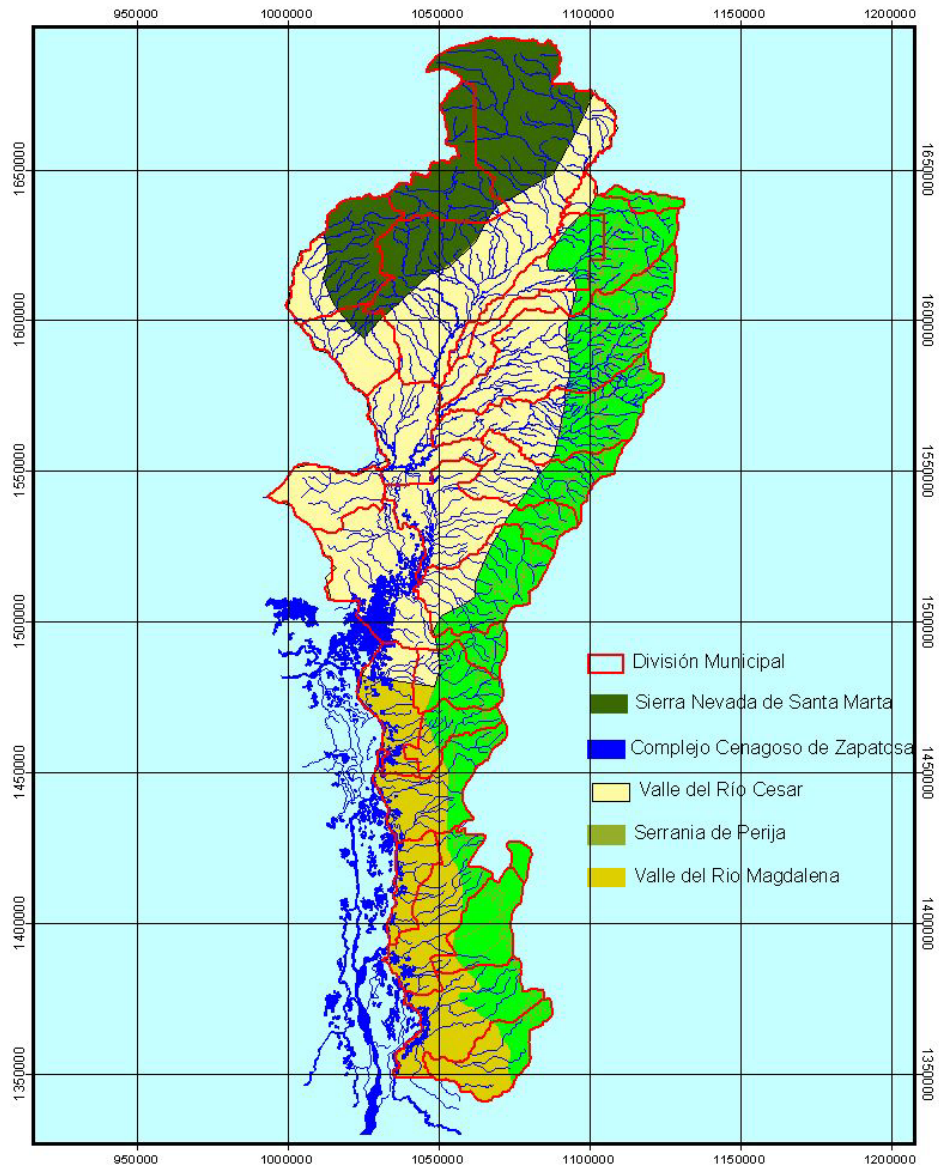


Figura 3. Ecosistemas en el Departamento del Cesar.

- La prestación de servicios ambientales, tales como producción de agua, posesión de áreas con cobertura boscosa, refugio de fauna silvestre y existencia de corredores biológicos, entre otros.
- Servir de sustento a las actividades socioeconómicas predominantes en el departamento del Cesar y en las regiones compartidas con departamentos y países vecinos.
- Ofrecer la posibilidad de articular su oferta natural a la solución de los conflictos actuales relacionados con los procesos económicos y sociales del departamento del Cesar.
- Ser parte de la identidad de las diversas culturas de la población cesarense.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

Desde el punto de vista bioclimático el área de estudio se encuentra localizada en la ecorregión estratégica conformada por los Valles de los Ríos Cesar y Magdalena, limitando con las estribaciones de la serranía de Perijá, Figura 4.

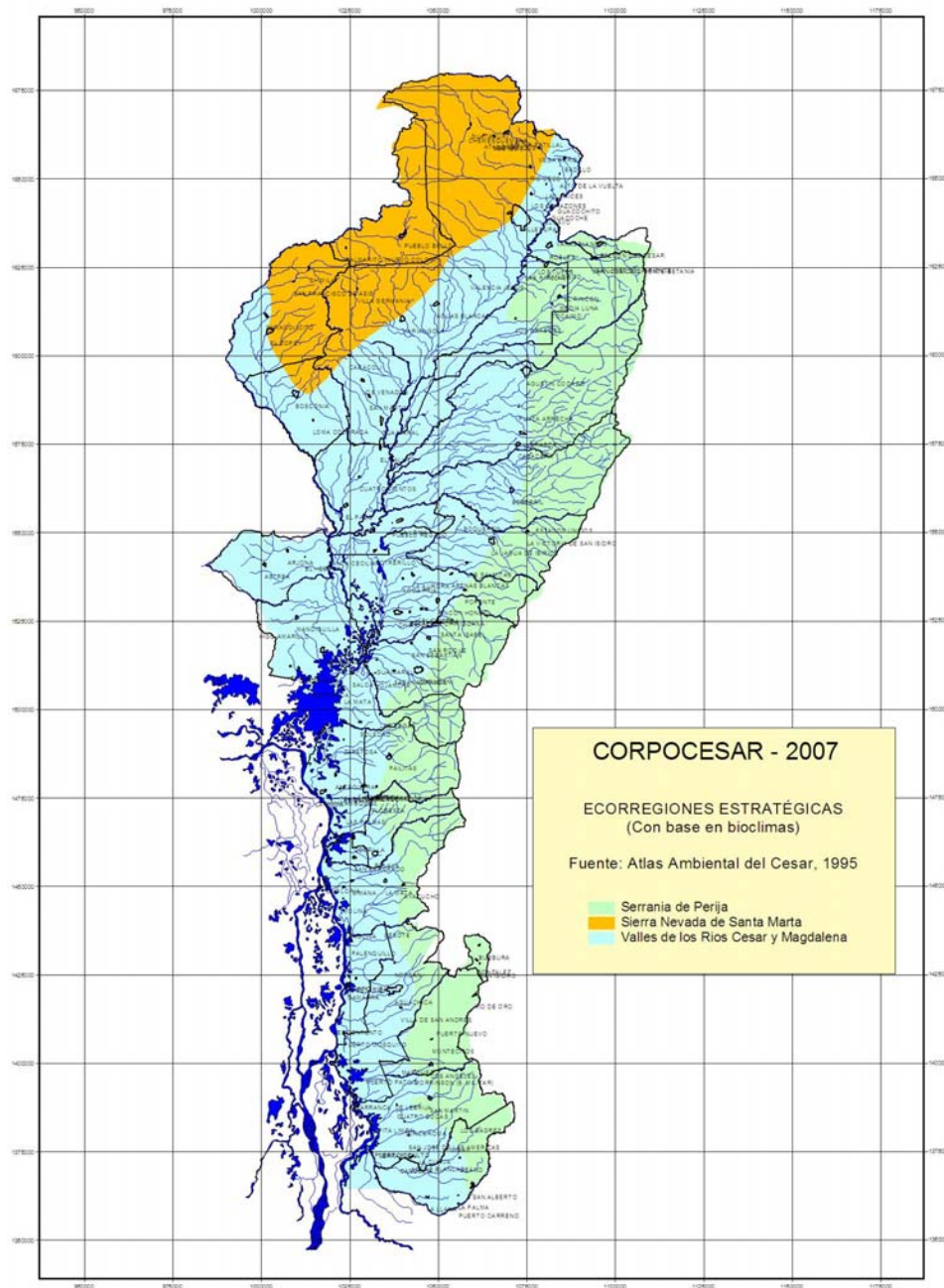


Figura 4. Ecorregiones Estratégicas, Departamento del Cesar.

La zona de estudio se localiza en la ecorregión del Valle del Río Cesar y Magdalena, de la cual se retoman sus características ambientales significativas, con el propósito de estimar y ponderar su oferta ambiental en relación a sus recursos hídricos, identificar los problemas que la afectan y establecer el valor estratégico que tiene para el desarrollo del departamento.

La ecorregión del Valle del río Cesar cuenta con suelos considerados de alta productividad que tradicionalmente se han constituido en uno de los pilares sobre los que se asienta el potencial económico del departamento del Cesar, por cuanto en ella tienen asiento los procesos productivos más importantes que contribuyen de manera primordial con el desarrollo socioeconómico del departamento, dentro de los que sobresalen la ganadería, agricultura, la agroindustria y la minería, los que desde su inicio se han llevado a cabo de manera general sin la tecnología apropiada (con excepción de la minería), lo cual ha resultado en la eliminación casi total de la cobertura vegetal natural, pérdida de la capa arable del suelo, procesos de erosión, compactación, deterioro de las corrientes hídricas y desplazamiento de la fauna silvestre, disminuyéndose así de manera importante la oferta ambiental que hoy en día marca la disminución de la productividad de dichos procesos; a lo anterior se suman las limitantes por clima seco que se presentan en una vasta zona del norte de la ecorregión en jurisdicción del municipio de Valledupar. De igual manera, es importante y determinante que en la ecorregión se presenten zonas de recarga hídrica cerca del contacto con los macizos montañosos del departamento, en pequeñas regiones ubicadas al nororiente y suroccidente, lo cual garantiza la regulación del recurso hídrico con miras a hacerlo disponible para su utilización en los procesos productivos.

El panorama que se presenta, a pesar de las limitantes que lleva implícitas, permite aún considerar que la función estratégica del ecosistema es la producción económica. Puede afirmarse entonces, que el recurso natural más importante de la zona es el suelo, puesto que del mismo dependen en gran medida los procesos productivos aludidos y, de manera recíproca, de la sostenibilidad de estos procesos depende la del suelo, razón por la que es importante que los modos de apropiación del territorio estén en equilibrio con las características naturales del área.

El suelo por sí solo no es útil para el desarrollo de los procesos productivos, por ello el agua asociada a la ecorregión es el segundo recurso de mayor relevancia e imprescindible para que la función estratégica del ecosistema pueda cumplirse, pero de manera importante debe asociarse a esta ecorregión el agua producida en las vecinas Serranía de Perijá y Sierra Nevada de Santa Marta, puesto que fundamentalmente de ésta, depende la estabilidad de las actividades de producción.

Así, se puede determinar que de la productividad de la ecorregión del Valle del río Cesar depende la prosperidad económica que garantizaría la provisión de bienes y servicios en el territorio, a los que igualmente tendrían acceso las poblaciones ubicadas en las ecorregiones montañosas del departamento (450.000 habitantes aproximadamente), lo que se podría configurar como una forma de retribución del servicio ambiental prestado por dichas ecorregiones. De igual manera de la forma de apropiación del territorio y de los niveles de tecnología utilizados en su desarrollo, depende la sostenibilidad de la ecorregión del

complejo cenagoso de Zapatosa, que al final recibe la mayor parte de los impactos ambientales generados hacia el norte del departamento.

El Valle del río Cesar se extiende desde el sur del Departamento de la Guajira hasta la Ciénaga de Zapatosa, con una extensión superficial aproximada de 5.700 Km². Los límites geográficos en el Departamento del Cesar son: por el norte con el departamento de la Guajira; por el sur con la zona de humedales y ciénagas del complejo de Zapatosa y el río Magdalena, al oriente con el piedemonte de la Sierra de Perijá y al occidente con el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta y el departamento del Magdalena. Los municipios.

Los municipios cuya jurisdicción se extienden en el área del convenio 132-2004 se presentan en la Tabla 2;

Tabla 2. Municipios con jurisdicción en el Valle del río Cesar

MUNICIPIO	AREA TOTAL (Km ²)	POBLACION EN EL VALLE
Agustín Codazzi	1799.2	54731
Astrea	580.2	22798
Becerril	1483.3	11125
Chimichagua	1568.6	4200
Chiriguaná	1102.9	21584
EL Paso	832.6	24736
La Jagua de Ibirico	842	22724

Desde el punto de vista geomorfológico el relieve del área de estudio está gobernado por procesos litológicos, estructurales y climáticos, los cuales han generado geoformas características como cerros aislados, colinas con suaves ondulaciones y planicies. El tratamiento dado al río Cesar y a sus ciénagas asociadas ha modificado su estado de equilibrio natural originando alta sedimentación, inundaciones y procesos de eutroficación ponen en evidente decadencia a las ciénagas en cuestión.

Se ubican aquí el bosque seco tropical (estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta hasta las ciénagas) con temperatura promedio de 24° C y una precipitación promedio anual de 1000 a 2000 m m, igualmente se tiene la presencia del bosque seco premontano (desde San Juan del Cesar en la Guajira hasta el norte del municipio de Valledupar), con temperatura promedio de 18° a 24° C y precipitación promedio anual de 800 a 1000 mm, mientras que la altura media sobre el nivel del mar es de 100 m. En esta región se presentan, junto con el valle del río Magdalena, los más altos valores de brillo solar del departamento, con promedios anuales de 2000 a 3000 horas de insolación, en los meses de diciembre a febrero y junio, los vientos tienen velocidades máximas de 2.7 a 6.4 m/seg. El índice de aridez oscila alrededor de 0.3, clasificándose como deficitario de agua durante seis meses al año.

4.1.1. Características de los suelos.

Los suelos de esta ecorregión están representados por las clases agrológicas III, IV y V, cuyas características físicoquímicas los califican como suelos de mediana productividad, limitados por nivel freático fluctuante, carbonatos, inundaciones y pedregosidad en sectores, por lo cual su uso más recomendado es el agropecuario con prácticas adecuadas para la sostenibilidad de tales usos. Sin embargo, en las últimas décadas, el Valle del Río Cesar ha sido sometido a un uso agrícola intenso, resultando en la intensificación de procesos erosivos que naturalmente sucedían y en la ocurrencia de otros por causas antrópicas. Así, se presenta erosión laminar, que afecta las capas superiores del suelo, especialmente en épocas lluviosas y se tiene sólo en los cerros aislados, principalmente en el cerro de Chimichagua; erosión en surcos, se observa en el abanico de Pailitas y en las zonas de colinas bajas al oeste y sur de Chimichagua; erosión en cárcavas, se observa en el abanico de Pailitas, al oeste de Zapatosa y La Mata, al noreste de Chimichagua cerca de Corralito y en los alrededores de Guacoche y Guacochito, así como en las cuencas de los ríos Sicarare y Calenturitas; se destaca también el proceso de erosión eólica, favorecido por la gran extensión del valle y la acción de los vientos alisios que circulan por la zona norte del departamento del Cesar.

Todo este régimen erosivo se presenta en las llanuras aluviales de desborde y de piedemonte y es gradualmente más intenso a medida que la demanda que el hombre hace del suelo - para la actividad agrícola - se intensifica, algunas veces sin tener en cuenta los requerimientos y limitantes ambientales mencionados anteriormente. Merece especial atención la erosión de las márgenes del río Cesar, resultado de la sedimentación producida por los fenómenos erosivos referidos, ya que dicho proceso de acumulación de suelo es causa de migraciones o cambios en la forma del canal principal del río, siendo desviado en varios puntos y llevando material a una gran zona de influencia, produciendo desbordamientos e inundaciones que afectan varias poblaciones localizadas principalmente en la zona sur de la ecorregión.

Ingeominas (Estudio Geotécnico e Hidráulico del río Cesar y sus áreas cenagosas, 1995) identificó diecisiete sitios críticos, con graves problemas de inundación, dentro de los que destacan La Mata, Guacoche, Guacochito y Santa Cecilia. La presión demográfica ejercida sobre los macizos montañosos del departamento del Cesar ha generado la carga de sedimentos de la red hidrográfica del valle, acelerando el proceso de sedimentación en la zona sur de la ecorregión, con las obvias consecuencias graves para los pescadores principalmente en época de verano. En consecuencia, en las localidades de Guacochito, Guacoche, los Calabazos, El Toquito, La Casita, Zapatosa, La Mata, Hoja Ancha, Guaimaral, El Mamey, Puente Canoas, Caimancito, Celedón, La Brillantina, Rancho Claro, Tronconal, Santo Domingo, Sempegua, Candelaria, Repelón, La Cañada y en las ciénagas de Chepito y otras del municipio de Chimichagua, se presenta entonces socavación lateral, inundación, inestabilidad, proliferación de vegetación flotante, reducción del recurso pesquero y de la navegabilidad del río Cesar. A lo anterior ha contribuido la construcción de viviendas en sitios inundables, la construcción de la carretera Troncal de Oriente (que comunica el centro del

País con la Costa Atlántica), que han generado zonas bajas que ocasionan empozamiento y desviación de corrientes, lo cual afecta a las fincas y viviendas ubicadas en el corredor vial.

Los suelos del valle del río Cesar presentan las siguientes características:

En la Llanura aluvial de desborde, que cubre una extensión de 101.7354 hectáreas, los suelos de la ecorregión se tipifican por tener baja evolución, drenaje imperfecto, y fertilidad baja, estando limitados por encharcamiento, hidromorfismo y nivel freático, en clima cálido húmedo. También hay suelos, en clima cálido seco, de muy baja evolución, drenaje bueno a imperfecto y fertilidad baja, limitados por nivel freático fluctuante y carbonatos.

En la Llanura aluvial de piedemonte, en la cual abarcan una totalidad de 627.877 hectáreas, los suelos del clima cálido húmedo son de baja evolución, drenaje imperfecto y fertilidad baja, limitados por nivel freático y presencia de arcilla, ubicándose sobre los abanicos y terrazas. Los suelos del clima cálido seco, son de baja a media evolución, drenaje bueno a imperfecto y fertilidad muy baja a moderada, y están limitados por sales, arenas, minerales y nivel freático; estos suelos se localizan sobre los abanicos aluviales. En las terrazas aluviales del clima cálido seco, los suelos son de baja a media evolución, con drenaje bueno y fertilidad media, limitados por nivel freático en sectores. En los valles aluviales son de media a baja evolución, drenaje bueno a imperfecto y fertilidad baja a moderada, estando limitados por nivel freático fluctuante y piedras en superficie.

Para la altiplanicie fluvial degradada, en donde se extienden los suelos por 103.691 hectáreas en forma cercana a la zona lacustre (Zapatos), los suelos son de baja evolución, drenaje bueno a excesivo y fertilidad muy baja, limitados por arenas, arcillas, nivel freático fluctuante y aluminio. También hay suelos de media a baja evolución, drenaje bueno y fertilidad moderada, limitados por rocas y arcillas finas. El clima es de transición cálido húmedo a cálido seco.

La combinación de los factores relacionados, junto con el clima reinante en la ecorregión, resulta en suelos cuya aptitud ambiental está representada por la alta fragilidad ambiental de las zonas con importancia hidrogeológica en proceso de degradación, (nororiente y sur occidente del valle del río Cesar); en el resto de la región (centro del valle, noroccidente y sur oriente) la aptitud de los suelos es para el desarrollo socioeconómico, aunque para encaminarla hacia el desarrollo compatible con el medio natural, se debe imponer condicionamientos ambientales a las actividades que allí se ejecuten, originados en restricciones por clima seco, erosión e inundabilidad.

Igualmente, la oferta ambiental caracteriza al valle oriental del río Cesar como una zona cuya aptitud permite mayoritariamente el desarrollo de la actividad agraria con las medidas tradicionales de conservación de suelos. La margen occidental del mismo valle, también es de aptitud agraria, pero debiendo imponerse, condicionamientos ambientales que mitiguen los efectos de la erosión, el clima seco y el régimen de inundaciones, de tal manera que pueda brindarse el sustento de las actividades económicas y de los asentamientos humanos.

4.1.2. Características de la vegetación.

El Valle del Río Cesar en el pasado formó parte de la Reserva Forestal del río Magdalena (Ley 2 de 1959), que cubría la mayoría del área del departamento del Cesar, pero que fue realinderada reduciendo su extensión como consecuencia de la política de incentivo agrario que incentivó la tala del bosque natural y de los procesos de colonización de mediados del siglo veinte, lo cual contribuyó a la reducción de su amplia cobertura vegetal. En la actualidad no se tienen áreas protegidas legalmente por el sistema de Parques Naturales en esta ecorregión. Hoy en día, El Valle del Río Cesar posee una cobertura vegetal silvestre escasa, resultante de un proceso de intervención de los elementos naturales que en él existían en la primera mitad del siglo veinte; sin embargo, con el proceso de introducción de estas zonas al sistema de producción tradicional colombiano, mediante el incentivo gubernamental a los particulares para que estos sustituyeran la cobertura boscosa por cobertura agrícola, se dio inicio al deterioro del ecosistema valioso que prevalecía en esta ecorregión.

En la actualidad, la vegetación silvestre está caracterizada por ser escasa y muy intervenida, permaneciendo tan sólo áreas de rastrojo, diseminadas por el centro y sur del valle del río Cesar, existiendo pequeñas áreas con bosques intervenidos, especialmente hacia el norte de la ecorregión. Así, en la ecorregión predomina el Zonobioma Tropical Alternohigrico, que corresponde a un bosque de un piso bioclimático desarrollado en áreas en donde hay un período prolongado de sequía, durante el que se experimentan deficiencia de agua y pérdida de follaje, lo cual resulta en la propiedad seca de la vegetación (bosque seco tropical) de la mayor parte del valle, estando mezclado dicho bioma en algunas áreas con el Zonobioma Húmedo Ecuatorial, dando lugar a un bioma especial, en donde se presenta el bosque seco tropical y el húmedo tropical, con temperaturas de 24 grados centígrados y precipitaciones de 2000 mm anuales.

Los tipos de vegetación presentes en la ecorregión son:

Bosque Intervenido. Localizado sobre el piso basal (0 a 200 m), en donde la intervención en cuestión se concentra sobre aquellas especies de gran valor comercial que conforman el estrato superior (ceiba roja, roble morado y algarrobo). Su productividad forestal está dada por la función de pulmón verde para los municipios de Agustín Codazzi y San Diego, localizados en áreas de condición seca. La extensión que ocupa es de alrededor de 7.310 hectáreas.

Rastrojo. También se presenta, con porte medio a bajo, en áreas compuestas por arbustos y árboles pequeños de segundo crecimiento, en diferentes etapas de sucesión, con presencia de matorrales bajos y altos que se encuentran generalmente hacia las márgenes de los cursos de agua, mezclados con vegetación herbácea, resultado de talas o abandono de potreros. Su extensión alcanza a cubrir 104.707 hectáreas

La mayor parte de la ecorregión, no obstante, se encuentra con vegetación muy escasa e intervenida, cubriendo 750.000 hectáreas y corresponde a aquellas zonas en

las que no existe ningún tipo de vegetación que brinde protección directa al suelo contra los agentes climáticos.

No obstante lo anterior, la vegetación silvestre de la ecorregión es de gran importancia por ser de alta fragilidad y cumplir una función protectora; tanto de las corrientes de agua, como de la sabana, convirtiéndose entonces en el sostén de la sucesión vegetal, mientras que los pocos bosques maderables (intervenidos) son igualmente frágiles e importantes por cuanto están sometidos a gran presión para la obtención de sus productos. Así, el proceso de extracción de madera, comercial en algunos casos y para adecuación de áreas para cultivo agrícola en otros, es uno de los factores que han favorecido el deterioro de otros recursos como el suelo y el faunístico, asociado este último a la existencia de cobertura vegetal. También se presenta deterioro de la vegetación en cuestión como consecuencia, en el caso del Valle del río Cesar, de la quema incontrolada en las márgenes de los cauces principales por parte de pescadores, para cazar tortugas, lo cual también ha favorecido la inestabilidad que actualmente padecen las márgenes en cuestión.

Las zonas en donde mayor intervención de la vegetación silvestre se presenta son las márgenes de las corrientes superficiales en todos los municipios de la ecorregión, pero con énfasis en la parte baja del río Cesar (El Paso, Chiriguaná) en donde se tiene la presencia de formaciones boscosas cercanas a las áreas de ciénagas, circunstancia que se manifiesta en desprendimientos de terreno en las riberas de las corrientes de agua en cuestión con su consecuente arrastre, sedimentación y desestabilización de los cauces, desplazamiento de la fauna asociada a los bosques aludidos,

4.1.3. Características de la Fauna Silvestre.

La fauna asociada a los diversos elementos ecosistémicos, especialmente los terrestres, de la ecorregión del Valle del Río Cesar ha sido fuertemente intervenida, como consecuencia de la caza y/ o captura sin control, por parte de la población de la zona, que de manera irracional busca en ella una fuente de generación de recursos económicos, aunque también es vista ocasionalmente como fuente de alimento.

De igual modo, esta ecorregión es primordial para el sostén del recurso pesquero e hidrobiológico de Colombia, ya que el río Cesar, que depende de las ecorregiones Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía de Perijá, es el principal afluente del complejo Ciénaga de Zapatosa, el cual es importante para el desarrollo del proceso de reproducción de peces en la cuenca Magdalénica, puesto que es el punto de partida de las diversas especies migratorias comerciales (Bagre, Bocachico, Dorada) hacia el interior siguiendo el principal río del País. Así, la parte baja del Valle del Río Cesar, especialmente, es quizás junto con la Ciénaga Grande de San Marta, una de las la regiones más importantes para el desarrollo pesquero continental de Colombia, razón por la cual debe otorgarse alta prioridad al manejo ambiental de las actividades socioeconómicas de esta ecorregión, circunstancia que no se ha dado en la realidad, con el resultado de que el potencial pesquero ha disminuido ostensiblemente y ya el recurso íctico que anteriormente se extraía en la zona norte del valle

para consumo humano, debe ser traído de otras zonas del departamento (ciénagas), e incluso del país y del extranjero (Venezuela, Argentina).

A pesar de no tenerse un conocimiento detallado acerca de la composición de la fauna silvestre de esta ecorregión, sin embargo, sí puede afirmarse una de sus principales características es la de servir como corredor biológico para la migración de aves (el pato barraquete, gavilán, halcón golondrina, sirirí y la golondrina) de una parte a otra del continente americano; también es paso obligado de mamíferos desde el valle hacia los sistemas montañosos del Cesar, como resultado de cambios climáticos y procesos de segregación. Estos procesos migratorios, ya sea continentales o regionales, se ven interrumpidos por la acción antrópica que busca la comercialización de especies, principalmente aves con fines ornamentales (Municipio de El Paso) o para consumo de subproductos (carne y huevos de Iguana por ejemplo), mientras que las especies ícticas que eventualmente presentan procesos migratorios en esta ecorregión son Bocachico, Pechona, Arenca, Incurro, Blanquillo y Bagre, mientras que la Tilapia, es una especie introducida a través del fomento de la actividad de la acuicultura, aunque el impacto de esta introducción no se ha evaluado detenidamente.

Otras especies características del Valle del Río Cesar, son: Garza, Pato, Murciélago, Zorro, Venado, Ñeque, Lagartos, Iguanas, Monos y una amplia variedad de aves y serpientes. En peligro de extinción se encuentran la babilla, icotea, iguana verde, zaino, ñeque, paca y el mico cariblanco. Se destaca la presión que la avifauna sufre, para ser comercializada en el interior del país y otras zonas de la costa atlántica, a donde es conducida para ser utilizada con fines de contemplación y ornamento en residencias.

4.1.4. Características Hidrográficas.

A continuación se presentan las características hidrológicas del área de estudio;

4.1.4.1. Aguas Superficiales.

El río Cesar, eje del valle que lleva su nombre, nace en la ecorregión Sierra Nevada de Santa Marta, en el departamento de La Guajira y recorre aproximadamente 380 kilómetros hasta su desembocadura en el río Magdalena. Cabe anotar que la Ciénaga de Zapatosa hace parte del cauce del río Cesar, siendo una depresión formada por procesos tectónicos (o de desplazamiento de la corteza terrestre). La pendiente media del cauce principal, en el departamento del Cesar es de 0,35%, y la extensión total de la cuenca incluidas las zonas de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá es de 12.500 Km² (18.000 Km² si se considerara la cuenca que drena hacia la Ciénaga de Zapatosa).

El río Cesar es navegable sólo en pequeñas embarcaciones en época invernal, desde Valledupar hasta la Ciénaga de Zapatosa, aunque en algunos sectores la navegación se imposibilita por la sedimentación del lecho. Las principales cuencas hidrográficas que conforman la ecorregión del Valle del Río Cesar son: Badillo, Guatapurí, Pereira, Seco,

Cesarito, Garupal, Chiriamo, Magiriamo, Tocaimo, Suarez, Fernambuco, Casacará, Calenturitas, Ariguaní y Arjona.

Las subcuencas identificada en la cuenca del río cesar que hacen parte del convenio 132-2003 son las de los ríos Maracas, fermabuco, magiriamo, Sororia, las Quebradas Anime, Figura 5.

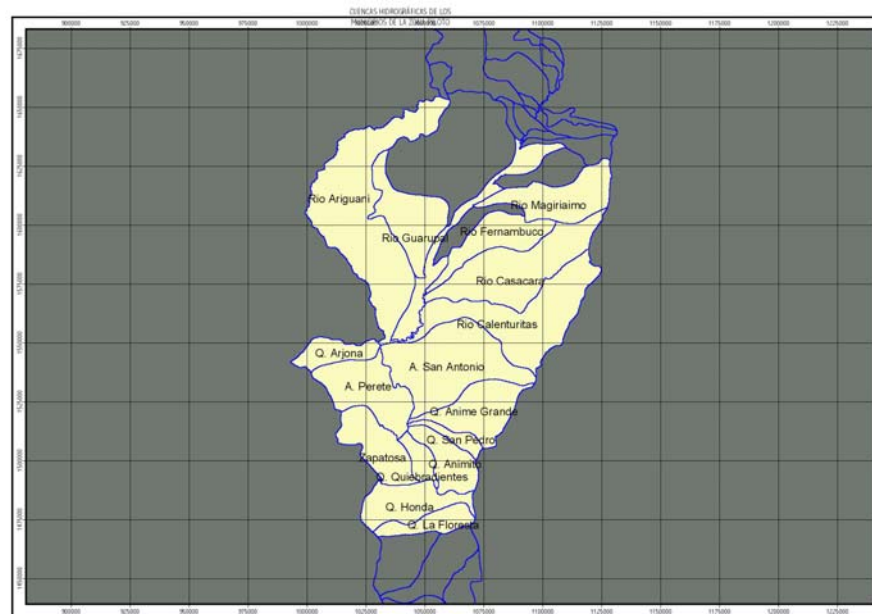


Figura 5. Cuencas y Subcuencas del área de estudio

El régimen de caudales de agua superficial está gobernado por las precipitaciones que suceden en las ecorregiones Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía de Perijá, especialmente esta última. Así, el río Cesar entrega al Magdalena un caudal medio de 202 m³/s (INGEOMINAS, Estudio Geotécnico e Hidráulico del río Cesar y sus áreas Cenagosas, 1995), con un rendimiento para la cuenca en su conjunto de 10 litros/seg/Km². Individualmente, los ríos que mayor rendimiento tienen son el Badillo, Guatapurí, Chiriamo, Magiriamo, Sicarare, Calenturitas y Ariguaní, contribuyendo con el 60% del caudal medio anual del río Cesar (y cubren entre el 40% y el 50% de la ecorregión). Por lo anterior, para el valle en cuestión los macizos montañosos del departamento se constituyen en áreas imprescindibles, ya que el uso que se hace del agua superficial proveniente de ellos, se enfoca hacia el riego de cultivos de Palma Africana, Arroz, Pastos, abrevadero de ganado y consumo doméstico.

Sin embargo, luego de ser utilizadas las aguas son vertidas hacia el Valle del Río Cesar (sabanos, cauces) en la mayor parte de los casos sin tratamiento adecuado o completo. No se dispone de una caracterización físico – química detallada de las aguas residuales para la ecorregión, pero se estima que son las cuencas de los ríos Guatapurí (tomando en cuenta los dos vertimientos de la ciudad de Valledupar: uno al río Guatapurí y otro al río Cesar),

Mocho, Fernambuco, Calenturitas y Ariguaní, las que potencialmente aportarían 1.100 Kg de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO/día), valor que se reduciría ostensiblemente al contarse con sistemas de tratamiento adecuados, siendo las actividades que más inciden en el deterioro de la calidad del recurso hídrico superficial la minería del carbón, agroindustria (lácteos, extracción de aceite de palma), agricultura (algodón, arroz) y las descargas de aguas servidas de los centros urbanos. Por lo anterior, es importante consolidar los procesos ya iniciados de reglamentación de cobro de tasas retributivas por vertimientos líquidos a cuerpos de agua; Plan de Manejo Ambiental de la Industria de Extracción de Aceite de Palma y el Programa de Reducción del Uso de Agroquímicos, promovidos por CORPOCESAR y las entidades del Sistema Nacional Ambiental.

4.1.4.2. Aguas Subterráneas.

Al considerar el agua subterránea, la ecorregión Valle del Río Cesar se caracteriza por que en ella aflora el sistema acuífero de la llanura aluvial, el cual abarca una extensión de 8.500 Km² (la mayor del departamento) desde el límite con el Departamento de la Guajira en el nororiente y el Magdalena en el noroccidente hasta la parte central del departamento del Cesar, entre las poblaciones de Pailitas y Palestina. Este acuífero se ha subdividido en bloques, de acuerdo a la productividad hídrica de cada uno. La calidad de los acuíferos, en general, hace el agua subterránea en esta ecorregión apta para el consumo humano, limitado en algunos sectores y mayormente inadecuado para riego, aunque en los bloques Becerril–La Loma y Rincón Hondo, el agua sí es apta para la irrigación, en lo cual influye la composición del subsuelo y la interacción con lixiviados de minerales derivados de rocas que afloran en los bordes de la Sierra Nevada de Santa Marta, (Mapa Hidrogeológico 1994-1995, Ingeominas), Figura 6 y 7.

De acuerdo con INGEOMINAS - Corpocesar (Evaluación del Agua Subterránea en el departamento del Cesar, 1995) el total de reservas calculadas, 218'346.000 m³, supera a la explotación que se hace en esta ecorregión, que es del orden de 39'331.050 m³/año, discriminados así: 569.000 m³/año para uso público, 7'785.450 m³/año para uso doméstico, 23'242.200 m³/año para irrigación y 1'213.700 m³/año para uso industrial ganadero), todo lo anterior mediante pozos profundos; mientras que mediante aljibes, se extrae 2'253.700 m³/año para uso doméstico, 3'295.200 m³/año para industrial ganadero, 369.000 m³/año para irrigación y 603.200 m³/año para uso público. Sin embargo, la información anterior no significa que hay disponibilidad ilimitada de agua subterránea, ya que en ello inciden factores como rentabilidad de la extracción y posibilidades técnicas para la misma.

Paradójicamente, el uso que más se hace del agua subterránea es el agrícola (riego) a pesar de no ser apta por naturaleza en su mayoría para este fin, lo cual implica que los usuarios deben someterla a un tratamiento antes de aplicarla a los cultivos. Lo anterior significa que con el propósito de maximizar el rendimiento agropecuario, y por ende racionalizar el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo, sus usuarios deben propender en el futuro por el tratamiento del recurso y la adecuada medida de las pretensiones relacionadas con el área a irrigar.

Para el uso industrial, las aguas subterráneas son, en general, agresivas para las maquinarias; para riego son aptas siempre y cuando los suelos tengan lavado moderado y las plantas sean moderadamente tolerantes a las sales; para el consumo humano, el 80% de las aguas subterráneas son químicamente potables respecto a las normas de la Organización Mundial de la Salud.

El régimen hidrogeológico de la ecorregión, indica que los principales ríos de la zona norte del departamento – el Cesar y Ariguaní - son alimentadas por los acuíferos de la zona, además de la precipitación, por lo que su estabilidad en épocas de verano, depende en buena medida de la estabilidad de las reservas a que se hizo alusión anteriormente, razón por la que: 1) es imperativo el control del aprovechamiento de tan vital recurso, máxime cuando la serranía de Perijá no contribuye a la recarga o renovación de los recursos hídricos subterráneos, debido a circunstancias geológicas y 2) es preciso controlar la aplicación de los sistemas de riego para usar el tipo adecuado de agua y así tratar de evitar daños mayores a los suelos y a la misma formación acuífera.

4.1.5. Características paisajísticas.

En esta ecorregión aún es posible encontrar zonas que conservan su forma natural, constituidas

por pequeños relictos de bosque, esparcidos a lo largo de la porción central del valle, que dan una idea de lo que alguna vez fue esta región y en la que existe aún recursos forestal (nativo), faunístico e hidrogeológico que significan un valor ambiental al corredor del principal río de la zona. No obstante lo anterior, el valor escénico de esta ecorregión, está ligado en la actualidad a la prosperidad que pueda tener la actividad agropecuaria, donde existen sembrados de algodón, sorgo, arroz y criaderos de ganado vacuno.

En la ecorregión tienen potencial eco-turístico algunas zonas bien conservadas, cerca de la cabecera municipal de Agustín Codazzi (bosque natural conocido entre los lugareños como “del ermitaño”); en jurisdicción de Becerril, una zona llamada El Azufral, en donde se tiene el afloramiento de aguas termales, y la zona en donde comienzan los humedales del complejo de Zapatosa. Quizás, dependiendo de las políticas de desarrollo que se ejecuten, el cauce del río Cesar, en el mediano plazo pueda ser aprovechado mediante su tránsito fluvial, en época invernal, para el disfrute de los últimos recursos ambientales que persisten en la zona, tomando ventaja de la lenta corriente que caracteriza a este río.

El valle del río Cesar no cuenta con vías de comunicación que faciliten el desplazamiento terrestre a su interior, de manera adecuada y confortable, ya que no están pavimentadas y son deterioradas fácilmente por los agentes climáticos. Sin embargo, se tienen proyectos de construcción de vías nacionales que conectarían el occidente del país (Urabá) con Venezuela, pasando precisamente por esta ecorregión, los cuales tendrán necesariamente que tener en cuenta los aspectos ambientales referidos en este documento.

4.1.6. Dotación de Recursos Naturales No Renovables

En la ecorregión del Valle del río Cesar, el carbón mineral, que es de tipo térmico, constituye en la actualidad en el principal producto minero; sus más importantes yacimientos se encuentran en un área que alcanza las 25.000 hectáreas en los municipios de La Jagua de Ibirico, Becerril, Chiriguaná y El Paso, a lo que se debe agregar el potencial que se tiene en el municipio de Valledupar. Además, se han reportado manifestaciones de carbón en los alrededores de Pailitas, pero actualmente sólo constituyen expectativas en lutitas carbonosas de la formación geológica Los Cuervos.

En general, las reservas medidas de carbón mineral en esta ecorregión se han calculado en 1.933 millones de toneladas, mientras que las indicadas ascienden a 589 millones de toneladas. El nivel de conocimiento geológico de la zona carbonífera en esta ecorregión es avanzado: (1) en prospección es de 15%, (2) geología de superficie es de 10%, (3) geología de subsuelo es de 10% y en (4) prefactibilidad y factibilidad es de 65%. Para la planeación, promoción y contratación de áreas con potencialidad, es conveniente que el conocimiento geológico se halle en los niveles (1) y (4) reseñados. Los yacimientos más importantes son los ubicados en las zonas de Calenturitas, El Descanso, Guaimaral, y en El Hatillo, en las que se encuentra la mayor parte de las reservas aludidas. Las compañías que adelantan o adelantarán la explotación en esta zona son Drummond Ltd, Carbones del Cesar, Prodeco, Emcarbón/Carbones del Caribe y eventualmente, Dupela en Chiriguaná.

En El Paso se tienen manifestaciones de mineral de hierro, que aún no han sido explotadas exclusivamente, sino que han sido removidas para dar paso a la extracción carbonífera a cielo abierto, por lo que se considera un mineral de tipo residual.

5. GEOLOGÍA

En el área del presente afloran superficialmente y en el subsuelo unidades roca_sedimento en cuyas edades comprenden desde el Cuaternario hasta el Paleozoico. A continuación se presenta una descripción de las características litológicas y estructurales de las formaciones geológicas en el área de estudio, la cual se enmarca dentro de las Provincias Hidrogeológicas y los Bloques Estructurales definidos por Ingeominas (1994), Figura 6, 7 y 8.

5.1. REGION SERRANÍA DE PERIJÁ

Estratigráficamente esta conformada por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias cuyas edades están comprendidas entre el Cámbrico – Ordoviciano y el Reciente. En superficie las rocas sedimentarias son altamente predominantes y cubren aproximadamente el 90% del área, le siguen en importancia las metamórficas y las ígneas.

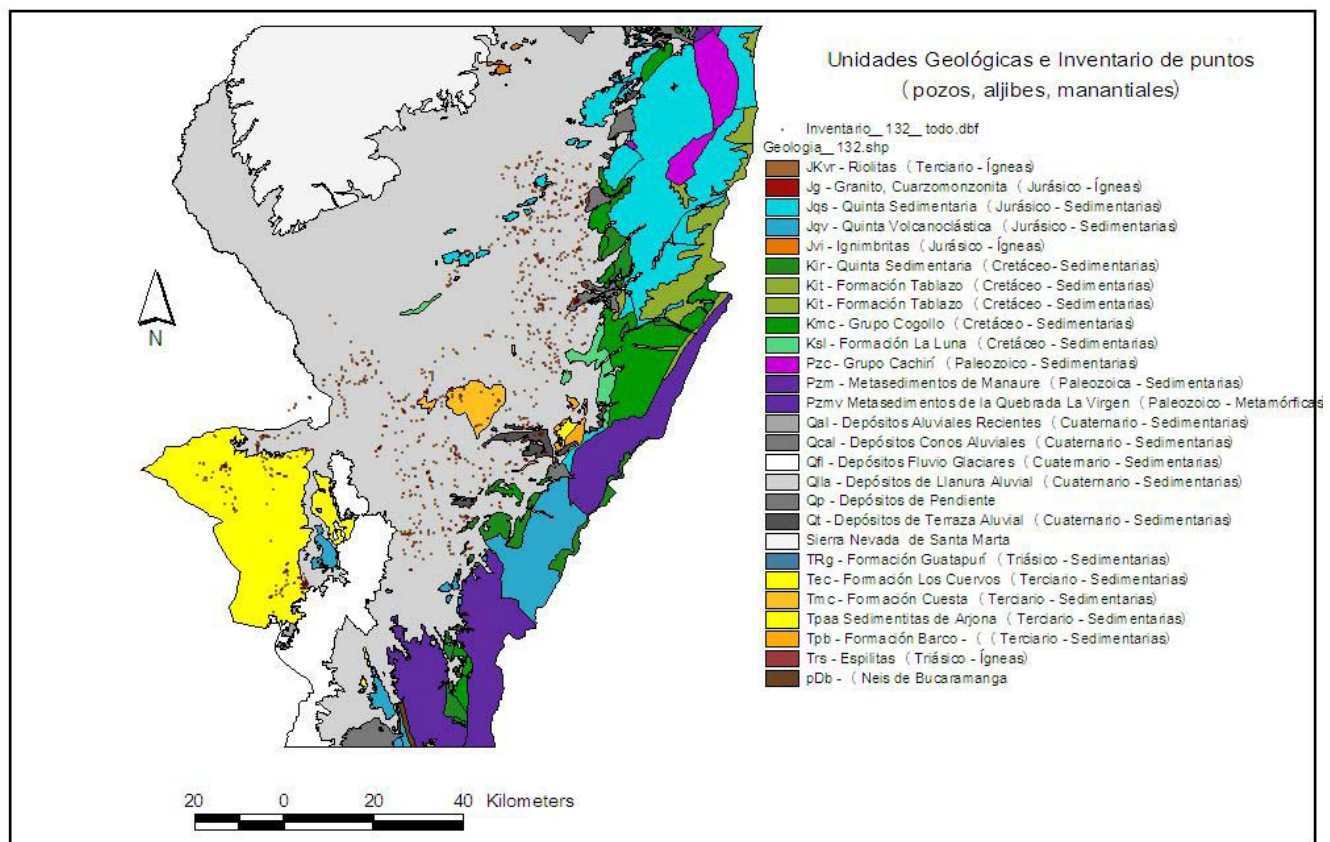


Figura 6. Mapa geológico e inventario de puntos de agua del área del convenio 132-2003

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

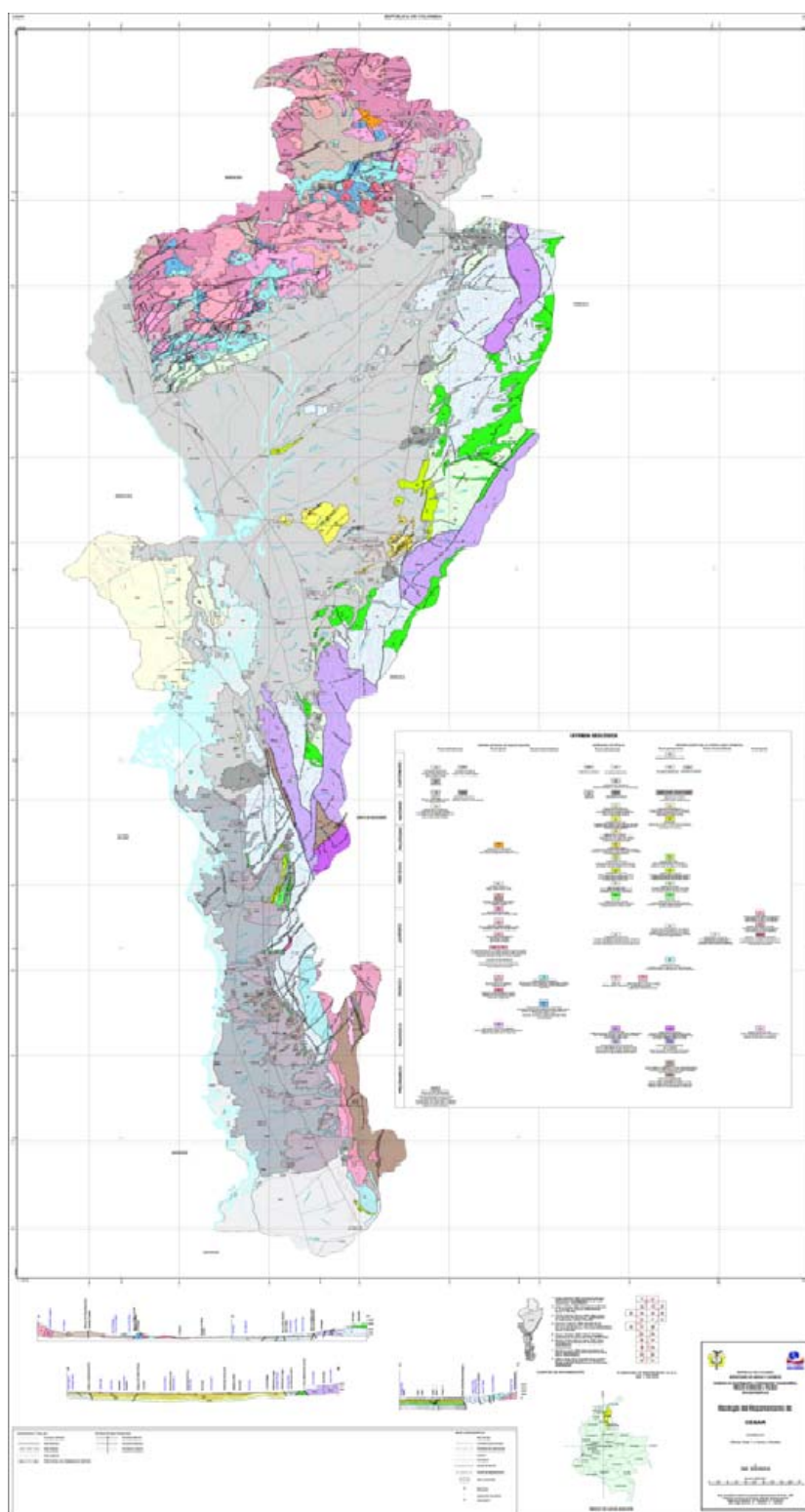


Figura 7. Mapa Geológico Departamento del Cesar, Ingeominas, 1994

APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

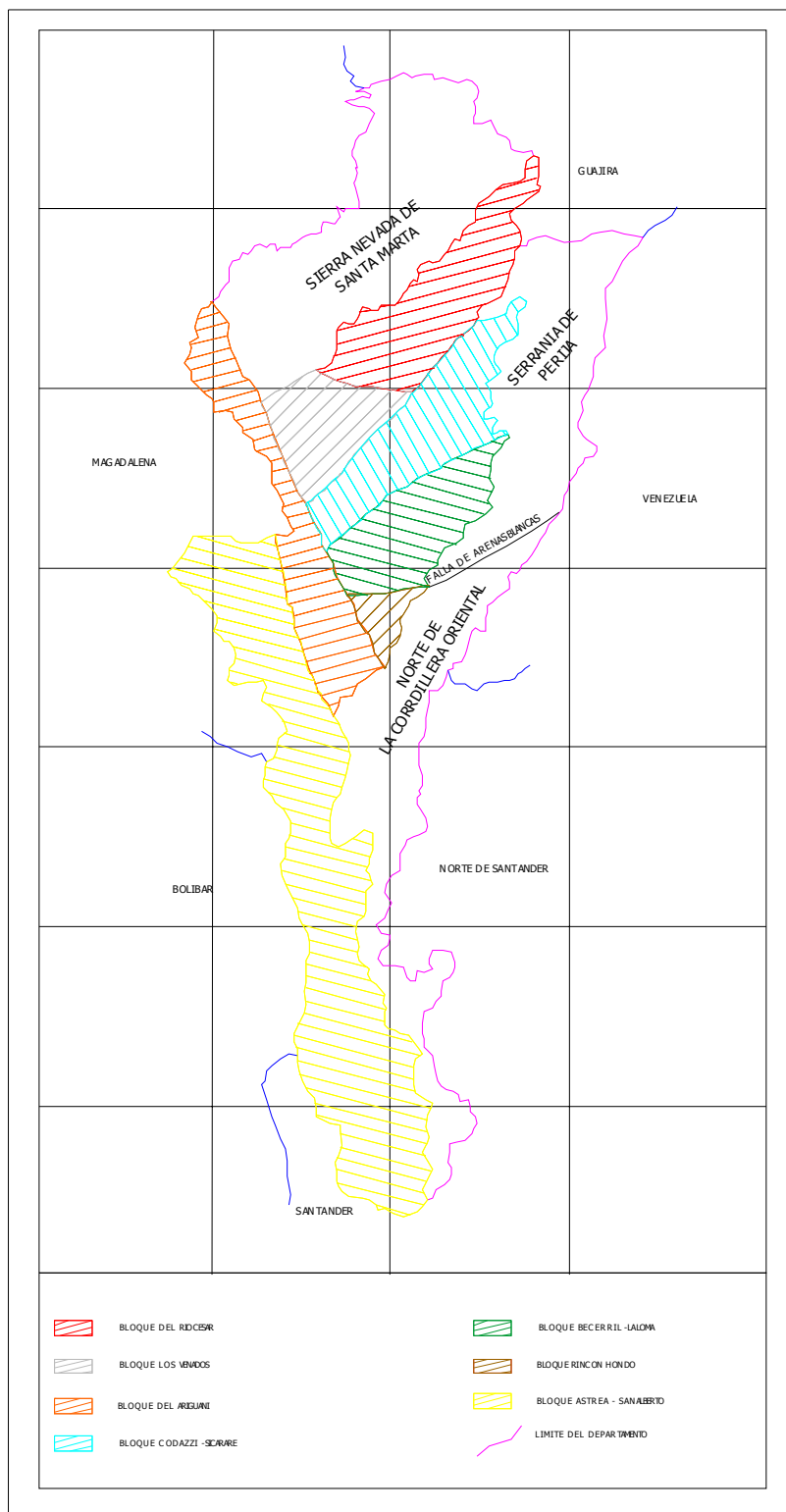


Figura 8. Bloques Tectónicos de la Subprovincia Hidrogeológica Planicie del Cesar

5.1.1 Rocas Metamórficas

Están representadas, en la zona mencionada, por la unidad Metasedimentos de muy bajo grado de metamorfismo, que se localizan al Oriente de Manaure y al oeste de La Jagua de Ibirico. Plancha 1 Norte.

5.1.1.1 Metasedimentos de Manaure (Pzm-Pzmv)

Los Metasedimentos de Manaure fueron descritos por Forero (1970), quien divide la secuencia, al Oriente de este municipio y en el Alto del Cielo, en tres (3) conjuntos de base a techo así: Filitas, Cuarcitas y Meta-arcosas con filitas cuarzosas. Las filitas son de grano fino y finamente estratificadas; las cuarcitas son blancas, duras, en bancos gruesos, localmente manchadas por óxidos de hierro e intercaladas con filitas y las meta-arcosas son de grano grueso, en parte conglomeráticas, forman el techo de la sección y están interestratificadas con filitas. Forero (1970), estima que los Metasedimentos al Oriente de Manaure tienen un espesor aproximado de 530 metros, y su edad la sitúa en el Cambro-Ordoviciano.

5.1.2. Rocas Ígneas

Son los menos abundantes en La Serranía de Perijá, encontrándose principalmente en la Vertiente Occidental, al Sureste de San Diego.

5.1.2.1 Espilitas y otras rocas volcánicas (Trs)

Según Tschanz y otros (1969) corresponden a rocas volcánicas que se extienden fuera del área de estudio, al oriente de San Diego y corresponden a Espilitas, Basaltos y Granofiros melanocráticos que Radelli los clasifica como andesitas basálticas y sus equivalentes hipoabisales; la mayoría presentan textura piroclásticas.

5.1.3. Rocas Sedimentarias

Son las más ampliamente distribuidas en la Serranía de Perijá y sus edades varían del Devónico al Terciario.

5.1.3.1 Grupo Cachiri (Pzc)

Esta compuesta por sedimentos Devónico-Permiano que afloran al oriente de Manaure. En el área de estudio se presentan al noroeste de Codazzi, conformando una franja continua con dirección aproximada Norte-Sur. De manera general la ocurrencia de base a techo, esta conformada por: Un conglomerado basal que puede tener hasta 50 metros de espesor Forero (1970), sobre el se encuentra una secuencia de areniscas ferruginosas y subgrauvacas bien calibradas y de grano medio, las cuales contienen unas pocas capas de lutitas grises; a continuación se encuentran areniscas verdes micáceas de grano fino que muestran manchas de oxidación rojas y que están cubiertas por lutitas arenosas calcáreas

de color gris oscuro y de grano fino. El techo de la unidad lo constituye una caliza negra compacta, fosilífera en bancos delgados intercalados con arcillas calcáreas. Según Forero (1970) las Rocas Devonico-Permico alcanzan un espesor aproximado de 1300 metros, en la sección al oriente de Manaure.

5.13.2 Unidad La Quinta Sedimentaria (Jqs)

En la secuencia Triásica Jurasica es la principal unidad estratigráfica y ocupa la mayor extensión en el área del Perijá. En forma amplia está constituida por depósitos clásticos no marinos, rocas vulcanoclásticas, areniscas arcósicas, lutitas, limolitas y conglomerados rojos, hacia la parte media de la sección se encuentran flujos andesíticos, basálticos, brechas y tobas, Foto 1.



Foto 1. Limonitas arenosas masivas de la formación la Quinta Sedimentaria.

Esta compuesta por una sucesión de limolitas rojas silíceas, ocasionalmente arenosas, masivas, presentando láminas delgadas de arena fina, con venas de calcita y manifestaciones de malaquita. Están intercaladas con estratos medianos a gruesos de areniscas blancas, pardas y rojizas de grano fino a grueso y niveles conglomeráticos con cuarzo lechoso los cuales presentan estratificación cruzada y acúñamientos. En algunos afloramientos se observan diques de ignimbritas oscuras que la atraviesan esta unidad y hacia el techo algunas intercalaciones de tobas líticas de color blanco crema.

En la cuenca del río Cesar su contacto inferior es discordante o fallado sobre las rocas Paleozoicas y su contacto superior es de tipo paraconforme con la formación Río negro que la suprayace, Forero (1970) Donde la Quinta esta en contacto con el Grupo Cogollo es también discordante. Su espesor en la zona de Manaure puede alcanzar 3000 m, mientras que en La Jagua su espesor ha disminuido notoriamente por encontrarse entre fallas que la afectan.

Aflora en forma abrupta en la Región Planicie del Cesar, entre las fallas San Diego Cuatro Vientos y Medialuna conformando una serie de cerros aislados con dirección SW – NE, tal como la Colina el Bachán y el Cerro Porrilla en el municipio de Codazzi, Foto 2.



Foto No 2. Colinas EL Bachán y Cerro Porrilla.

5.1.3.3. Formación Ríonegro (Kir)

En la Serranía de Perijá, la secuencia Cretácea se inicia con esta unidad, cuyo nombre se ha aplicado en el mismo sentido que en Venezuela. La Formación Ríonegro se apoya sobre capas de la Unidad La Quinta y yace bajo el Grupo Cogollo. La Formación Ríonegro es carácter detrítica, de composición especialmente arcósica, su espesor máximo alcanza 3000 metros en la sección tipo, aunque varía sustancialmente (Miller, 1960, en Julivert, 1968).

En el Cerro Arenas Blancas, al Noroccidente de Poponte, la formación Ríonegro esta conformado por capas de areniscas de grano grueso, areniscas conglomeráticas y conglomerados. La arenisca es cuarzosa, friable, los granos son subangulares; localmente presentan color rojizo por la presencia de óxido de hierro; las capas son delgadas y en algunas se observa estratificación cruzada. Los conglomerados de cuarzo son angulares a subredondeados en una matriz de arena gruesa, las capas son delgadas; en algunos casos se encuentran en un mismo banco láminas de areniscas gruesas y de conglomerados hasta de 2 cms de espesor. La unidad se encuentra intensamente fracturada y diaclasada dando lugar a gran cantidad de bloques. Esta secuencia arenosa se prolonga hacia el sur hasta el oeste de Santa Isabel formando pequeñas colinas.

Esta formación es posible observarla en las siguientes localidades ; Al sureste de Codazzi por el río Sicarare, al sur del río Fernambuco entre Codazzi y Casacará, hacienda Carrizal, Arroyo Arena al este de Casacará; 4 Kms al Norte de la Hacienda Betulia al Noreste de Becerril, en los Cerros Cabellera, América, La Pista y Puente Tierra al este de Codazzi, en la frontera, al Este de Poponte, en el río La Mula al Oriente de Rincón Hondo, en el Cerro

Pancho al este de Santa Isabel y al sureste de Curumaní por el curso del Río Animito y la quebrada La Esmeralda, Foto 3.

5.1.3.4. Grupo Cogollo (Kmc)

El Grupo Cogollo se observó en esta región constituida de base a techo por una potente secuencia de caliza gris azulosa y gris oscura en capas medianas hasta muy gruesas,



Foto 3. Panorámica hacia cerros alargados de la Formación Riónegro al este del Caserío de Aguas Blancas.

mayores de 5 metros, con intercalaciones ocasionales de lutitas negras carbonosas y abundante contenido de fósiles; son frecuentes en esta parte la presencia de dolinas y algunas cavernas con estalactitas y estalagmitas, como las ubicadas al Noreste de Becerril, en los alrededores de los sitios de Yoba, La Pista y La Flecha. El Cogollo está en contacto concordante bajo la Formación La Luna y transicional sobre la Formación Río Negro, o discordante sobre La Quinta.

De la parte media al techo se distingue un nivel lodolítico carbonoso y muscovítico, otro areno-arcilloso y uno más superior calcáreo, con calizas lumaquéllicas de color gris claro; los estratos son delgados a medios. En este nivel en el flanco occidental de la Serranía, al sur de Codazzi y del río Sicarare, se observa que las diaclasas que afectan la unidad han sufrido un mayor grado de disolución, Fotos 4 y 5.



Foto No 4. Afloramiento de lodolitas grises carbonosas del Grupo Cogollo (Kmc) en los cerros al sur de Codazzi.



Foto No 5. Patrón de fracturamiento de las lodolitas grises carbonosas al sur de Codazzi (Kmc) al sur de los cerros de Codazzi.

En el área de estudio se extiende al norte de El Rincón, al este de Codazzi, al noreste de Casacará hasta La Victoria de San Isidro, al noreste de La Jagua de Ibirico cubriendo la Serranía de Perijá. García (1990), menciona su presencia en el Anticlinal de Becerril y al noroccidente de este municipio en los pozos Río Maracas y Cesar F-1X.). En la cuenca del río Cesar el espesor de la esta unidad es variable entre 1200 y 3000 metros y su edad es Aptiano según Govea y Dueñas (1975)

5.1.3.5 Formación La Luna (Ksl).

En la Serranía de Perijá reposa concordante y neto sobre el Grupo Cogollo y en superficie no infrayace a ninguna otra unidad litoestratigráfica. García (1990), postulo un adelgazamiento de La Luna en sentido oeste y noroeste en la Cuenca del Cesar, teniendo como base registros litológicos de pozos perforados en los cuales la Formación presenta un espesor variable entre 150 y 450 metros.

Consta de una secuencia alternante de lutitas negras carbonosas, limolitas, arcillolitas, calizas negras bituminosas que al partirlas expelen olor a petróleo, capas delgadas de chert y arenisca calcárea. Predomina la secuencia calcárea hacia el techo en estratos delgados a medianos, clasificados como calizas de grano medio a fino. Tiene numerosas concreciones en forma de disco, ovaladas y elipsoidales desde pocos centímetros hasta 120 cms o más de diámetro, en las concreciones más pequeñas generalmente se encuentra abundante pirita, algunas son ovaladas y localmente contienen fragmentos y restos de amonitas.

Aflora al noroeste y sureste del municipio de becerril, en Puerto Lajas en la vía de Codazzi a Cuatro Vientos, al este de Casacará hasta la Victoria de San Isidro, en esta última sección alcanza su mayor espesor con unos 180 metros, Foto 6.



Foto 6. Afloramiento de lutitas grises y negras, fosilíferas de la formación La Luna (Ksl)

5.1.3.6 Formación Barco (Tpb).

Aflora en el área de estudio al norte de La Jagua de Ibirico en la zona de explotación de carbón, y formando colinas aisladas al norte del río Tucuy y al oriente del corregimiento La Palmita; en el subsuelo se halla en el Descanso y La Loma.

En los alrededores de La Jagua de Ibirico esta conformado por areniscas amarillentas de grano fino, muy deleznales, ligeramente arcillosas y micáceas; se componen de cuarzo y en proporción muy baja feldespato y mica. Se presentan en láminas delgadas paralelas y en forma de cuñas, así mismo localmente se observa estratificación cruzada. Las areniscas se encuentran en bancos gruesos, hasta de 2 metros de espesor, con delgadas intercalaciones de arcillolitas amarillentas.

Sobre esta secuencia descansa en contacto transicional la Formación Los Cuervos, el contacto inferior del Barco no se observa por estar cubierto por Cuaternario.

A la Formación Barco se le asigna una edad Paleoceno Eoceno; su espesor es de unos 1000 metros. En el pozo Paso-3 se registraron 1066 metros pero se cree que puede tener 1950 metros, Loboguerrero (1982).

5.1.3.7 Formación Molino (Ksm)

En el área de estudio se extiende en el subsuelo de la planicie del Cesar, aflorando únicamente en los alrededores del Molino (Guajira). Se encuentra constituida por una sucesión monótona de lutitas gris azulosas y grises olivas a negras, calcáreas, con abundante microfósiles; presenta delgadas intercalaciones de areniscas de grano fino glauconíticas, limolitas y calizas grises a negras en capas delgadas. El espesor de la unidad es variable alcanzando en el Cesar un máximo de 1380 metros. Los contactos de esta formación, tanto superior como inferior, son transicionales y con base a dataciones palinológicas efectuadas, le asigna edad Campaniano.

5.1.3.8 Formación Los Cuervos (Tec).

En superficie aflora únicamente al noreste del municipio de La Jagua de Ibirico, en las zonas de explotación de carbón y en el subsuelo en el Descanso y La Loma. Se encuentra constituida por arcillas negras, grises, verdosas y amarillentas con delgadas intercalaciones de areniscas gris verdosas o amarillentas de grano medio, micáceas, con matriz arcillosa, y mantos de carbón que son objeto de explotación a cielo abierto. Su edad va del Paleoceno Medio al Eoceno Inferior (Ward y otros, 1973), Foto 7.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Foto 7. Mantos de carbón subhorizontales infrayaciendo areniscas de la Formación Cuesta en un pit a cielo abierto de la compañía Drummond.

Hacia la base se encuentra en contacto transicional con la Formación Molino y en contacto discordante bajo la Formación Cuesta o los Depósitos Cuaternarios, Foto 8.



Foto 8. Mantos de carbón inclinados infrayaciendo capas de limos y arenas de los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla), en un pit a cielo abierto de la compañía Prodeco.

Mejía y Mateus (1978), establecen un espesor 350 y 400 metros para el nivel T-3, que corresponde a la Formación Los Cuervos en el área de La Jagua; en el pozo Paso-3 se registraron 1066 metros.

5.1.3.9 Formación Cuestas (Tmc)

La Formación Cuestas (Tmc) conforman el tope del Sinclinal de La Loma, y afloran en la vía entre La Jagua de Ibirico y La Loma, conformando una expresión morfológica correspondiente a leves ondulaciones con alturas que no superan los 25 metros, Foto 9.



Foto 9. Gravas gruesas y arenas de la Formación Cuesta en el sector de Plan Bonito (Loma de Calenturitas)

Afloramientos en la unidad se hallan en la localidad de Plan Bonito al oriente de La Loma, en este sitio la secuencia está constituida por areniscas gris claro a blanco semiconsolidadas, cuarzosa, de grano medio a grueso, con estratificación cruzada, intercaladas con conglomerados de matriz arenosa con cantos alargados denominados “Huevos de Paloma” de cuarzo ahumado, areniscas con costras ferruginosas y arcillolitas limosas de colores violeta, gris y rojizo. La estratificación es en capas delgadas y ocasionalmente medias.

Su espesor varía entre 160 y 400 metros al este de La Loma y reposa discordante sobre el Terciario Inferior. García (1900, reporta en el pozo Paso-1, 619 metros y considera que su espesor total puede ser de 800 metros.

5.2 REGION PLANICIE DEL CESAR

Esta región definida por Ingeominas (1994) corresponde a la parte plana a semiplana del Departamento del Cesar rellenada por sedimentos de edad Terciaria y Cuaternaria.

5.2.1. Rocas Sedimentarias

Sobre esta región se extienden rocas sedimentarias correspondientes a las unidades conocidas como Sedimentitas de Arjona (Tpa), los Depósitos de Llanura Aluvial (Qla), Depósitos de Abanicos Aluviales (Qcal), Depósitos de Aluviones Recientes (Qal), Depósitos de Terrazas (Qt), Depósitos Fluviolacustres (Qfl) y Depósitos de Pendiente (Qp).

5.2.1.1 Sedimentitas de Arjona (Tpa).

En el área de estudio corresponde a sedimentos muy pocos consolidados de edad Post-Eoceno asociados a la denominada Fosa de Ariguaní que se localizan al Oeste y Sur de Arjona, encontrándose los mejores afloramientos en los carretables Arjona-Astrea-Las Conchitas, Astrea-La Sierra y Arjona-Mandinguilla-Chimichagua. Se puede correlacionar con Formaciones de edad Mioceno-Plio-Pleistoceno, Foto 10.



Foto 10. Capas de arcillositas violáceas, tonos rojos, intercaladas hacia el tope con capas gruesas de areniscas friables, de la Formación Sedimentitas de Arjona, carretable Astrea-Mandinguilla.

Desde el punto de vista litológico la unidad esta constituida por una secuencia de arcillolitas gris verdosas, amarillentas y rojizas, ligeramente arenosas localmente, intercaladas con delgadas capas de areniscas gris amarillentas, grano fino, poco cementadas, granos subredondeados y finamente estratificadas; en algunos sitios las arcillas presentan

abundantes laminas de yeso, transparente; la arenisca se compone principalmente de cuarzo y minerales oscuros, accesorios en proporción baja: feldespato y mica; localmente presenta óxidos de hierro que la hacen mas compacta. Hacia el techo de la unidad se encuentran arcillas calcáreas de color amarillento, localmente arenosa, ocasionalmente se encuentran bancos delgados de calizas muy fosilíferas con abundantes conchas de bivalvos que dan aspecto de lumaquela.

Estos sedimentos se disponen en capas casi horizontales con inclinaciones muy suaves que dan lugar a una topografía ligeramente ondulada y en superficie no se pudo conocer el espesor ni se determino el tipo de contacto ya que no se observa junto a otra unidad que nos muestre una relación estratigráfica, Foto 11.



Foto 11. Capas de areniscas subhorizontales de la Formación Sedimentitas de Arjona en el carreteable Astrea- Mandinguila.

5.2.1.2 Depósitos Cuaternarios de Llanura Aluvial (QIIa)

Corresponden a los depósitos mas recientes acumulados por las corrientes en la zona plana y semiplana. Estos sedimentos de espesores variables, se caracterizan por una granulometría fina a gruesa compuesta por gravas, arenas finas a gruesas, limos y arcillas. Foto 12.



Foto 12. Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar conformando una topografía plana a semiplana en el área rural de Codazzi.

En el norte del departamento entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá, el Río Cesar y sus tributarios, es el principal aportante de sedimentos. Al occidente de la Sierra Nevada, el río Ariguaní y los afluentes del suroeste de la sierra han generado un depósito limo-arcilloso de gran potencia en la denominada Fosa de Ariguaní.

Ingeominas (1994) reporta que en el área de El Paso-La Loma-La Jagua de Ibirico la llanura Aluvial es de poco espesor; según PRODECO (1991), varía entre 5 y 25 metros de profundidad, siendo la delimitación de estos depósitos no muy clara debido a que no presentan buen contraste con las rocas más antiguas, por tratarse de una planicie arrasada. Su espesor es variable en cercanías del río Cesar, donde alcanza su máximo, mayor de 100 m.

Al norte y noroeste de Chimichagua hasta Arjona no existe una cubierta aluvial reciente; solo en algunos sitios se observa un nivel de gravas discordantes sobre sedimentos del Terciario con espesores que no superan los 5 metros. En los alrededores de la cabecera municipal de Becerril y Chiriguaná presentan una textura de gravas y limos arcillosos en la parte más superficial respectivamente, Foto 13 y 14.



Foto 13. Gravas de los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) en el botadero de Becerril.



Foto 14. Limos arcillosos amarillos de los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) aflorantes durante la construcción de la planta de tratamiento de agua de Chiriguaná.

5.2.1.3 Depósitos Cuaternarios Abanicos Aluviales (Qcal)

Representan una disminución repentina en el poder de transporte de una corriente de agua, sobresaturada de sedimentos y escombros de muy diversos tamaños, a medida que pasa de un gradiente abrupto a uno suave; al reducir la velocidad, la corriente comienza rápidamente a vaciar su carga (Leet y Judson, 1990).

El Abanico de La Jagua de Ibirico esta constituido por cantos y bloques de hasta 3 metros de diámetros, de areniscas, limolitas rojas y algunas calizas en su parte frontal. Su espesor

puede alcanzar 100 metros. Este Abanico es uno de los más extensos y alcanzan hasta 5 Kms de longitud en la dimensión mayor.

El Abanico de Codazzi sobre el cual se encuentra localizado el municipio, se ubica en la cuenca del río Magiriaimo y del arroyo el Pozón, Foto 15.



Foto 15. Topografía plana a semiplana del Abanico Aluvial (Qcal)
en el área rural del municipio de Codazzi.

El Abanico de Casacará constituido por el río del mismo nombre, retrabajado y dividido en 2 parte, norte y sur,

En general son de pendientes muy suaves y espesores no mayores de 10 metros observables en superficie, con pendientes muy leves. Su composición es de gravas finas a medias y cantos en una matriz areno-limosa provenientes de areniscas, limolitas rojas, algunas areniscas arcósicas de la Formación Río Negro y calizas cretáceas, Foto 16 y 17.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR



Foto 16. Suelos limo arenosos suprayaciendo capas de gravas de Abanico Aluvial de Codazzi (Qcal).



Foto 17. Gravas medias a muy gruesas en matriz arenosa en el Abanico Aluvial de Codazzi (Qcal).

5.2.1.4 Depósitos Cuaternarios Aluviones Recientes (Qal)

Los depósitos aluviales recientes corresponden a acumulaciones en áreas pequeñas y con delgados espesores que se han depositado en el fondo de valles profundos, de algunos ríos y quebradas, y en mesetas y sabanas donde de manera transitoria divagan y pierden energía dichas corrientes. Su composición y textura es heterogénea, dependiendo del área fuente que aportan los materiales y los regímenes de las corrientes que lo han depositado.

En la Serranía de Perijá los constituyentes de los aluviones recientes provienen de rocas sedimentarias: conglomerados, areniscas, limolitas, arcillolitas y calizas; otros de rocas con muy bajo grado de metamorfismo (metasedimentarias) y en contadas ocasiones rocas volcánicas tipo andesitas, brechas y aglomerados. Predominan los componentes de la Unidad Quinta Sedimentaria, que incluyen principalmente limolitas rojas, areniscas, conglomerados y rocas volcanoclásticas (tobáceas) en menor proporción, Foto 18 y 19



Foto 18. Gravas recientes constituidas por cantos subredondeados de rocas ígneas y sedimentarias en el cauce del Arroyo El Pozón.



Foto 19. Gravas constituidas por lodolitas grises de la Formación la La Luna en el cauce del río Maracas.

5.2.1.5 Depósitos Cuaternarios de Terrazas (Qt)

Se define terraza como una superficie relativamente plana, que corre a lo largo de un valle con un banco a manera de escalón que lo separa ya sea de la planicie de inundación o de

una terraza inferior. Es un remanente de un cauce primitivo de una corriente, que ha abierto camino a un nivel inferior (Leet y Judson, 1990), Foto 20, 21 y 22.

En la Serranía de Perijá se observan terrazas al suroriente del desastre, oriente de Casacará y en La Jagua de Ibirico la de mayor extensión. Desde el punto de vista litológico corresponden a gravas finas, cantos de rocas volcánicas y sedimentarias y arenas dentro en una matriz areno-limosa.

Existen pequeños depósitos de terrazas en diversas corrientes pero que no son cartografiables, como las que forman los arroyos, donde se disectan los abanicos aluviales; se encuentran también en la zona montañosa por el Río Chiraimo.



Foto 20. Panorámica hacia colinas alargadas que conforman los Depósitos de Terraza Aluvial al norte de Rincón Hondo.



Foto 21. Depósitos de Terraza Aluvial (Qt) en un sector de pequeña minería en la carretera La Jagua-EL Boquerón.



Foto 22. Gravas en una matriz limo arenosa en el sector de la vía Rincón Hondo-Caserío de Aguas Blancas.

5.2.1.6 Depósitos Cuaternarios Fluviolacustres (Qfl)

Se encuentran en una zona baja desde el noroccidente de Chiriguaná donde comienzan las ciénagas y se extienden hacia el sur del departamento, asociados a las ciénagas y donde tiene influencia la llanura de inundación del río Magdalena. Están sujetos a inundaciones periódicas y su composición dominante es de material limo-arcilloso y en ocasiones arenoso con intercalaciones de arcilla poco compactas.

5.2.1.7 Depósitos Cuaternarios de Pendiente (Qp)

Constituidos principalmente por acumulaciones producidas por acción de la gravedad. Se conforman de bloques subangulares a angulares dentro de materiales lodosos, arcillosos y arenosos con mala selección. Su composición depende de las rocas adyacentes de donde proviene producto del colapsamiento de las rocas fracturadas por movimientos de reptación y sobresaturación de sedimentos no consolidados con pendientes altas.

El más importante se encuentra en la Serranía del Perijá entre la Inspección de Policía de Media Luna y El Desastre., tiene una pendiente de unos 8° hacia el W y su parte más amplia 3 Km.

En todo el Departamento están presentes a escalas diferentes y variadas formas. Como acumuladores de agua subterránea no son importantes debido a su masa lodosa y mala selección que no permiten una porosidad efectiva notable.

5.3. Geología Estructural.

Las unidades geológicas del área del convenio 132-2003 se caracterizan por estar afectadas o emplazadas en una tectónica de asociadas a pliegues, y fallas de carácter semiregional a local, Ingeominas (1994)

La principales estructuras corresponden a pliegues; el mayor corresponde a la Serranía del Perijá la cual corresponde a un Anticlinorio, el cual se encuentra plegado y fallado. El flanco oeste continua al oeste cubierto por sedimentos más recientes

Las calizas del Cogollo (Kmc) localizadas al este del corregimiento de Casacará se encuentran formando un pequeño anticlinal y un sinclinal contiguos pequeños. También conforman al oriente de la población de los Estados Unidos, específicamente al norte del cauce del río Tucuy, se encuentra un sinclinal con flanco suaves menores de 10° .

El Anticlinal de Becerril se encuentra en el subsuelo del área del convenio, al oeste de la Jagua de Ibirico y se extiende al norte y sur de la cabecera municipal de Becerril, donde aflora su flanco occidental con buzamientos cambiantes del orden del orden de 10 y 30°

En el área del convenio 132-2003 se presentan estructuras con dirección NW_SW y buzamientos del orden de 20° ; el Sinclinal de La Jagua donde aflora una secuencia de arcillositas y areniscas y mantos de carbón los cual son objeto de explotación de la gran minería. Los flancos y la base de esta estructura la conforma la Formación Barco; quien al oriente forma el Anticlinal de La Jagua, quien al este por esta limitado por una falla.

Al oeste de la población de Plan Bonito se extiende con dirección NE_SW el eje del Sinclinal de La Loma; cuyos flancos presentan buzamientos entre 13 y 18° ; y donde afloran capas de areniscas y conglomerados de la Formación Cuesta (Tmc).

Al oriente de la estructura anterior y sobre la misma Formación Cuesta se presenta el eje del Anticlinal de Tucuy; el cual es seguido por un sinclinal sin denominación; cuyo eje pasa cerca al cacerío EL Boquerón.

Las fallas que se extienden en el área del convenio 132-2003; se caracterizan por no ser discontinuas, hacen parte de grandes sistemas interconectados entre si, las cuales tienen dirección NE_SW , E-W que controlan la red de drenaje; y otro de dirección NS y NNW subparalelo a la falla de Bucaramanga.

Ingeominas (1994) describe el trazo de la Falle de Bucaramanga en el área del convenio 132-2003 y corresponde a un sistema de dos ramas con dirección NW; un ramal o lineamiento cuyo trazo pasa al este de Chimichagua (falla de Chimichagua); y que posiblemente se extiende en el subsuelo de Arjona formando una discontinuidad geoelectrica. La rama oriental presenta la misma dirección, pasa al oeste de la estación EL Champán y corresponde a la falla de Caracolcito. Las fallas anteriores son consideradas de tipo inverso y buzanan fuertemente al este; unas pocas son inversas con buzamiento al

occidente; aparentemente tienen un deslizamiento izquierdo importante durante el Cuaternario; lo que origina evidencias en el sistema hidrológico como **corrientes desplazadas, fallamiento y desplazamiento e inclinación de los depósitos aluviales que definen el modelo de flujo de las aguas subterráneas definido durante el convenio 132-2003.**

El área del convenio 132-2003 se extiende un **Sistema de fallas NE_SW** que genera un modelo de fracturamiento y lineamientos a lo largo de los ríos Magiriaimo, Sicarare, Casacará, Maracas y Tucuy. Este sistema de fallas se encuentran cubiertos en la parte plana del Valle del río Cesar donde su cauce presenta esta dirección. Las fallas principales cuyos trazos pasan por el área del convenio 132-2003 corresponde a la del Río Cesar, San Diego-Cuatro Vientos, Media Luna y Chorro Pital. Las dos últimas forman un bloque levantado que expone en superficie rocas de la Formación La Quinta Sedimentaria (Jqs), foto 23.



Foto 23 Panorámica al sur del Cerro Porrila hacia las Colinas del Bachan en donde se observan una serie de cerros alineados con dirección NW-SW, perteneciente al bloque levantado donde se exponen limolitas y areniscas rojas de la formación La Quinta Sedimentaria (Jqs)

La Falla de Arenas Blancas se localiza en la Serranía de Perijá; en la quebrada San Antonio , sureste de La Jagua de Ibirico esta cubierta por Depósitos Cuaternarios ; posteriormente su trazo continua al oeste hasta terminar contra el sistema de fallas Bucaramanga- Santa Marta.

6. GEOFISICA

La prospección geoelectrica realizada en el marco del convenio 132-2003 Aprovechamiento y Protección Integral del Agua Subterránea de las Ecorregiones de los Valles del Río Cesar y Magdalena, Departamento del Cesar fue coejecutada por parte de IDEAM y CORPOCESAR para conocer la distribución de las resistividades en el subsuelo en sitios específico de interés hidrogeológico y ambiental. Figura 9.

La configuración utilizada para los sondeos es de tipo Schlumberger y el método es conocido como Resistividad Eléctrica, mediante el cual se puede conocer las siguientes aspectos.

- Determinar la magnitud de los valores de resistividad y espesor de las unidades geológicas en profundidad en sitios de interés hidrogeológico y ambiental.
- Correlacionar litologías asociadas a valores de resistividad de la zona no saturada y unidad geológica en profundidad.

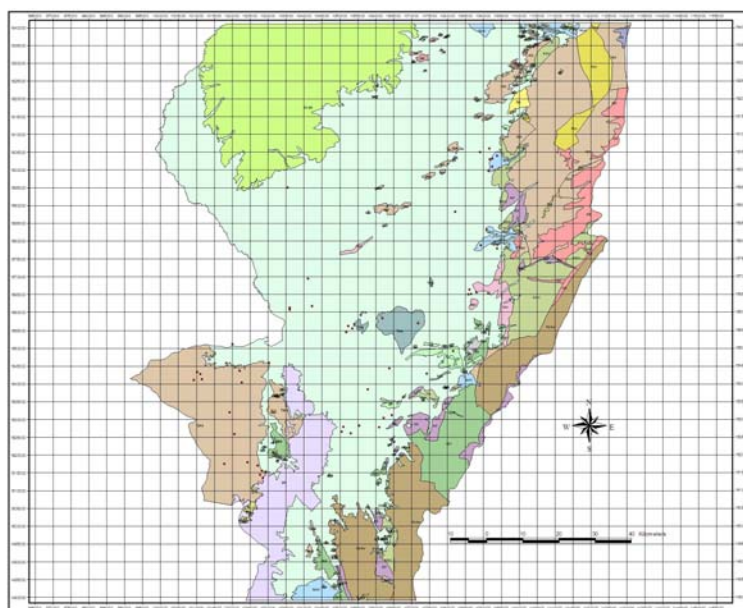


Figura 9. Mapa geológico con los sondeos eléctricos verticales.

La prospección geoelectrica se inicio con base en el conocimiento adquirido durante el reconocimiento de las unidades geológicas que forman acuíferos en el área de estudio, los resultados del inventario de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales) y la georreferenciación de fuentes potenciales de contaminación.

El levantamiento de los sondeos eléctricos verticales fue tuvo como criterios los siguientes aspectos;

- ✓ Fortalecimiento de los funcionarios de Corpocesar e IDEAM en la adquisición, procesamiento y análisis de los sondeos ejecutados
- ✓ La ubicación de los sondeos se priorizó en sitios cercanos al área de influencia de comunidades que se abastecen con aguas subterráneas, o cerca a obras de saneamiento básico que potencialmente por su manejo se han convertido en fuentes de contaminación al subsuelo.
- ✓ La apertura de los sondeos (electrodos) estuvo determinada por la logística y acceso al sitio seleccionado.

Los sondeos eléctricos verticales fueron ejecutados utilizando un equipo marca ABEM TERRAMETER SAS4000; el cual tiene un panel de acceso que permite a través de un menú adquirir los datos de campo que son almacenados en archivos con extensión *RXP, los cuales están organizados en datos que incluyen valores de resistencia, la distancias entre los electrodos de potencial MN/2 y de corriente AB/2, al igual que la magnitud del voltaje y la corriente medidos y el porcentaje de error de la resistencia obtenida como un valor de desviación estándar en relación a la mediana. Los valores de resistividad aparente calculados a partir de los valores de potencial V y corriente I medidos, al igual que de la constante K de cada espaciado de electrodo se obtuvieron mediante la utilización de software de interpretación de sondeos eléctricos verticales, Foto 24



Foto 24. Equipo Terrameter ABEM SAS 4000.

En total se ejecutaron 50 sondeos eléctricos verticales SEV, oscilando las aberturas de los electrodos (AB/2) entre 80 y 301 metros.

Los puntos medidos para cada SEV fueron los siguientes: 1, 1.3, 1.68, 2.18, 2.82, 3.66, 4.74, 5.15, 7.97, 10.33, 13.38, 17.35, 22.49, 29.15, 37.78, 48.97, 63.48, 82.28, 106.6, 138.2, 179.2, 232.2 y 301 metros respectivamente.

La distribución anterior permite un mejor trazado de la curva de los sondeos eléctricos verticales. Foto 25 y 26

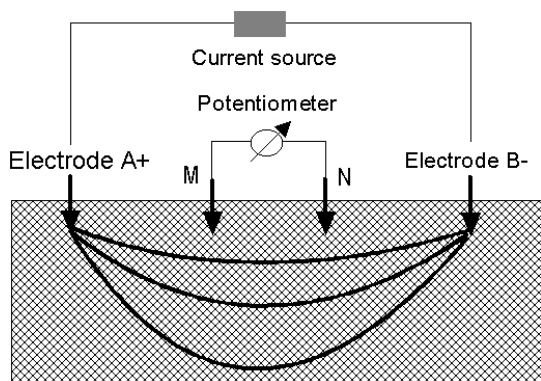


Foto 25 Configuración Arreglo Schlumberger

Foto 26. Sondeo Eléctrico en Codazzi.

Los archivos generados se grabaron con el código asignado para cada sondeo, en este caso siguiendo un número consecutivo de acuerdo al municipio donde se localizo el SEV.

Posteriormente se graficó las curvas de campo y el modelo de capas obtenido mediante una interpretación matemática indirecta de los sondeos utilizando el software WinSev. El modelo de capas obtenido permite conocer en cada punto las variaciones de la resistividad con la profundidad.

Los sondeos eléctricos que presentaron problemas de ejecución asociados principalmente a pérdidas de corriente que originaron valores no confiables en relación a su desviación estándar o por ocurrencia de lluvias con tempestades que ocasionaron su interrupción inmediata por lo que no se presentan sus resultados.

Los resultados de los sondeos eléctricos verticales ejecutados durante este proyecto al igual que los sondeos realizados por Ingeominas (1994) permitieron ubicar los pozos de observación o piezómetros que captan la primera capa acuífera de las formaciones geológicas de gran importancia hidrogeológica para las cabeceras municipales que se abastecen con aguas subterráneas.

6.1 Análisis de Resultados.

El análisis de los sondeos eléctricos verticales se basa en el análisis y correlación del modelo geológico y las capas geoelectricas identificadas a partir de la interpretación de los mismos. En el mapa geológico del área de estudio se localizan los sondeos eléctricos verticales, Figura

6.1.1 Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de Agustín Codazzi.

En el municipio de Agustín Codazzi se ejecutaron 11 sondeos eléctricos verticales los cuales superficialmente se encuentran ubicados sobre sedimentos cuaternarios pertenecientes a los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) o los Depósitos de Cono Aluvial (Qcal). En profundidad se identifican capas cuyas resistividades se pueden correlacionar con unidades geológicas del terciario y cretáceo que incluyen la formación Barco, Molino, La Luna o Grupo Cogollo, que conforman de acuerdo a la profundidad el basamento geoelectrico. Las planchas a escala 1:25000 donde se ubican estos sondeos corresponden a las siguientes; 34 IVC, 41 II A, 41 II C, 34 III D, 41 IIIB, 41 IVA

El tipo de curva del sondeo CODZ 01 se presenta a continuación: Figura 10

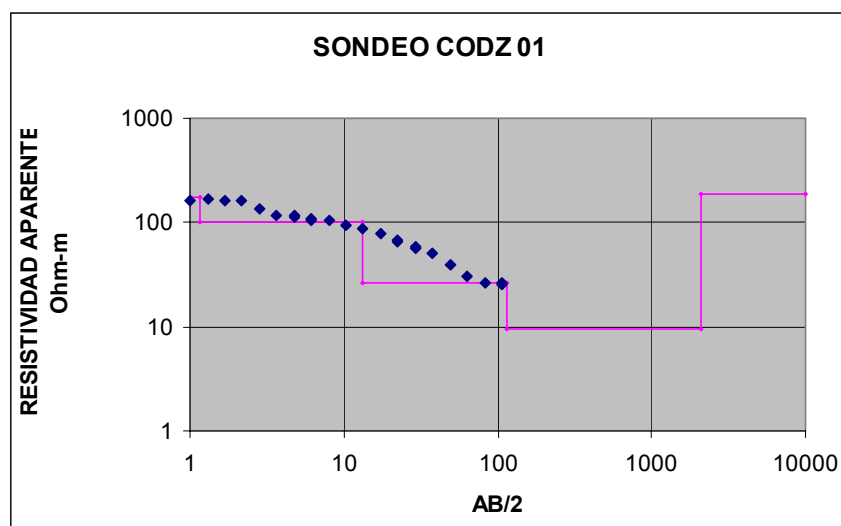


Figura 10. Curva sondeo eléctrico vertical CODZ 01

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CODZ 01 se presenta a continuación: Tabla 3.

Tabla 3. Interpretación geofísica sondeo CODZ 01

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor	Litología	Unidad Captada
175.8	0-1.17	1.17	gravas y arenas	Qcal
102.4	1.17-13.07	11.9	gravas y arenas	Qcal
26	13.07-114.7	101.6	arenas, limos	Qcal
9.55	114.7-2086.3	1971.6	arcillas, shales negros	Tpb
186.7			Basamento geoelectrico	Kmc?

El tipo de curva del sondeo CODZ 02 se presenta a continuación: Figura 11.

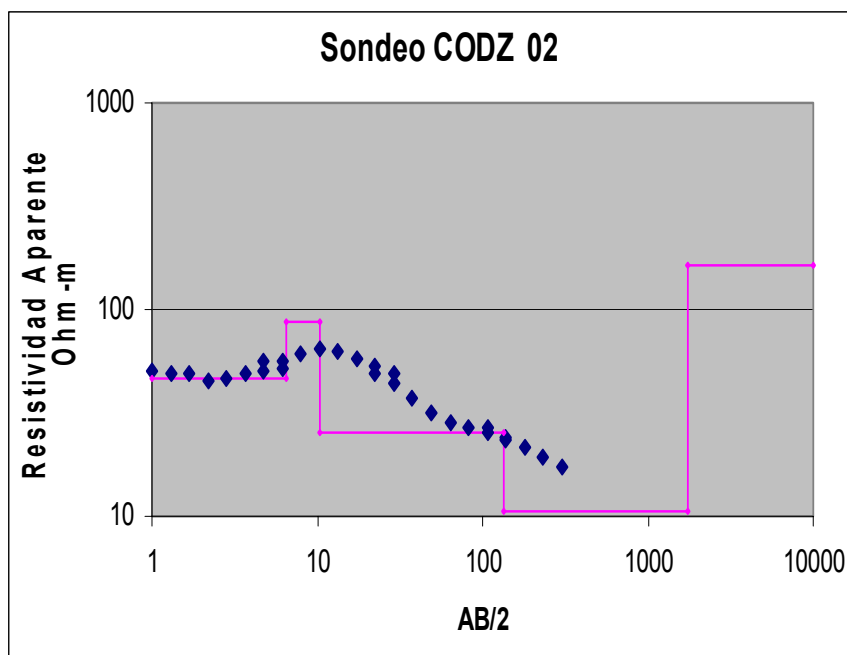


Figura 11. Curva sondeo eléctrico vertical CODZ 02

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CODZ 02 se presenta a continuación:

Tabla 4. Interpretación geofísica sondeo CODZ 02

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
46.68	0-6.54	6.54	gravas,arenas	Qlla
86.06	6.54-10.42	3.87	gravas,arenas	Qlla
25.33	10.42-132.9	122.5	Arenas, limos	Tpb
10.48	132.9-1740.9	1607.9	Lutitas	Ksm?
161.7				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo CODZ 04 se presenta a continuación: Figura 12

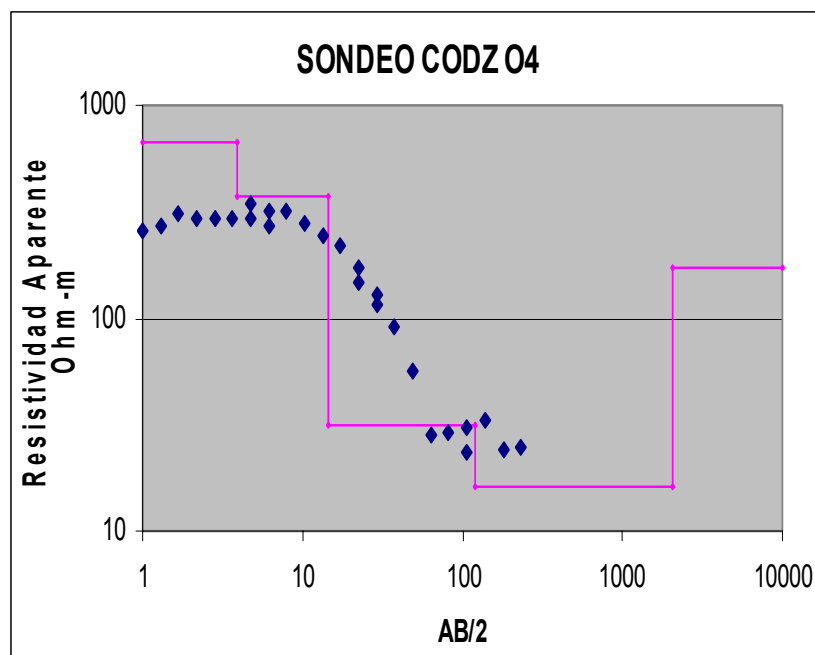


Figura 12. Curva sondeo eléctrico vertical CODZ 04

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CODZ 04 se presenta a continuación: Tabla 5.

Tabla 5. Interpretación geofísica sondeo CODZ 04

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo(m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
671.4	0-3.94	3.94	gravas	Qcal
372.2	3.94-14.36	10.42	gravas	Qcal
31.2	14.36-119.8	105.5	areniscas, limolitas	Tpb
15.94	119.8-2080.1	1960.2	lutitas	Ksm?
172.1			basamento geoelectrico	Ksl?

El tipo de curva del sondeo CODZ 06 se presenta a continuación: Figura 13.

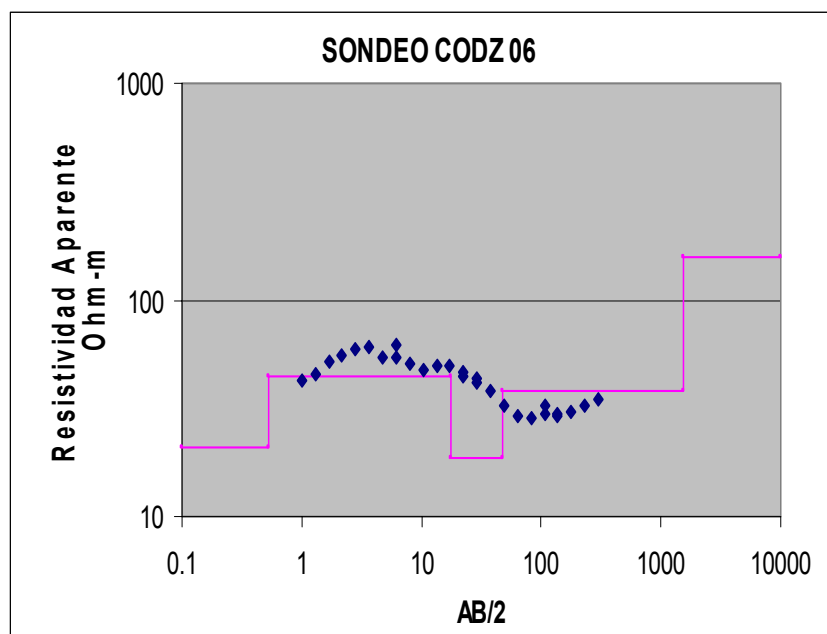


Figura 13. Curva sondeo eléctrico vertical CODZ 06

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CODZ 06 se presenta a continuación: Tabla 6.

Tabla 6. Interpretación geofísica sondeo CODZ 06

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo(m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
20.88	0-0.528	0.52	Gravas,arenas	Qlla
44.18	0.528-17.68	17.16	Gravas,arenas	Qlla
18.53	17.68-48.25	30.57	Arenas, limos	Qlla
38.1	48.25-1524.1	1475.8	areniscas, limolitas	Tpb
157.9				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo CODZ 07 se presenta a continuación: Figura 14.

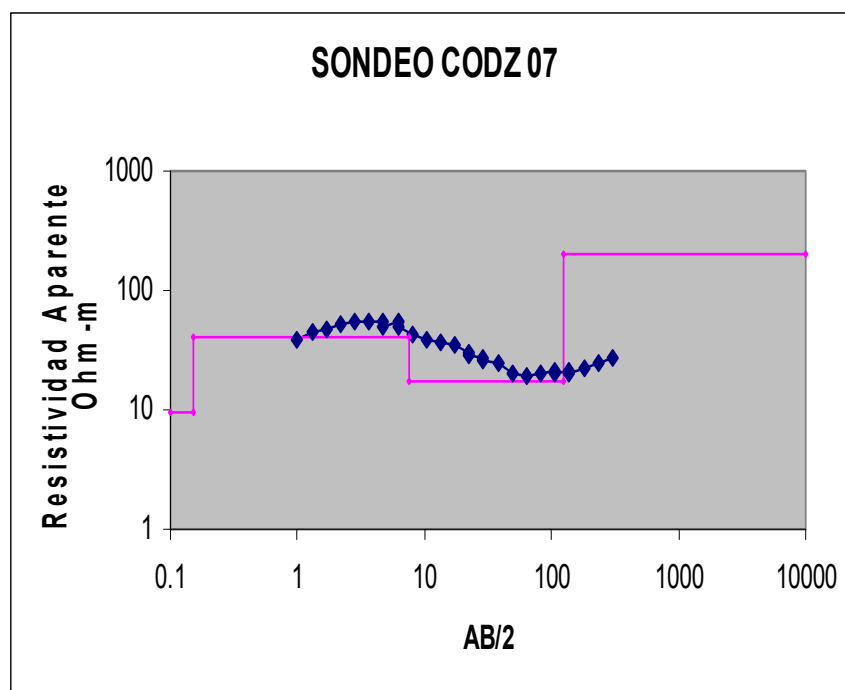


Figura 14. Curva sondeo eléctrico vertical CODZ 07

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CODZ 07 se presenta a continuación: Tabla 7.

Tabla 7. Interpretación geofísica sondeo CODZ 07

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo(m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
9.44	0-0.152	0.152	gravas,arenas	Qlla
40.37	0.152-7.63	7.47	gravas,arenas	Qlla
17.52	7.63-125.2	117.6	arcillolitas-areniscas	Tpb
200.3			Lutitas	Ksl?

El tipo de curva del sondeo CODZ 09 se presenta a continuación: Figura 15

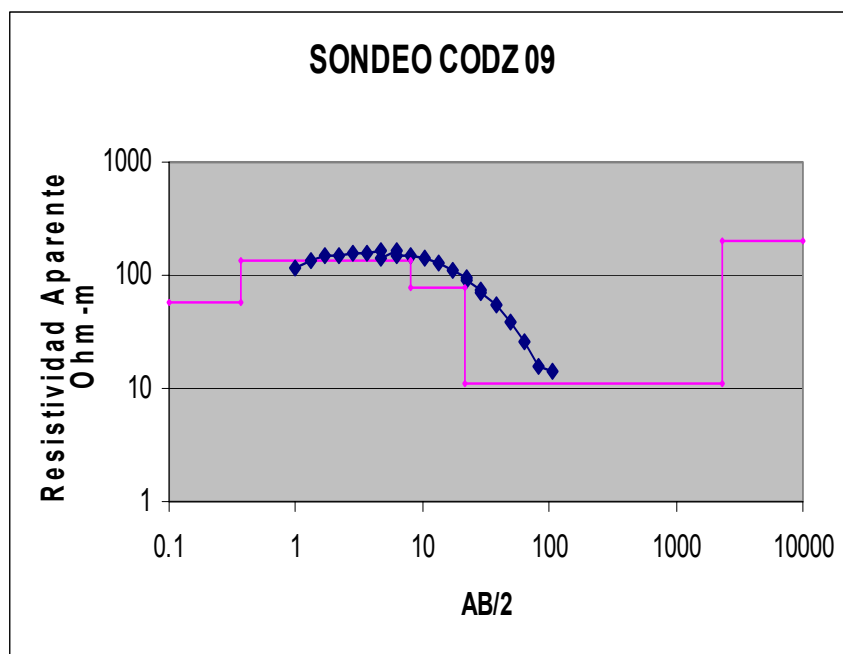


Figura 15. Curva sondeo eléctrico vertical CODZ 09

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CODZ 09 se presenta a continuación: Tabla 8.

Tabla 8. Interpretación geofísica sondeo CODZ 09

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
58.64	0-0.363	0.363	gravas,arenas	Qcal
133.3	0.363-7.99	7.62	gravas,arenas	Qcal
76.7	7.99-21.66	13.67	arcillolitas-areniscas	Tpb
11.13	21.66-2321	2299.9	lutitas	Ksm?
206.4				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo CODZ 10 se presenta a continuación: Figura 16

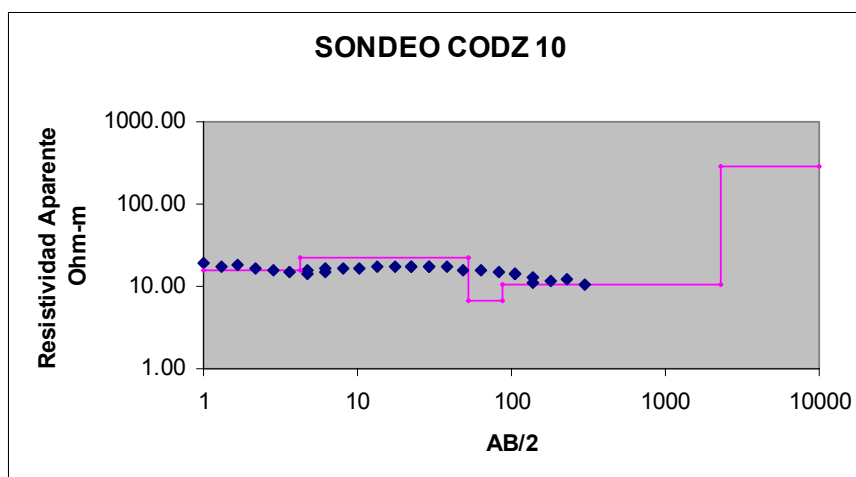


Figura 16. Curva sondeo eléctrico vertical CODZ 010

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CODZ 10 se presenta a continuación: Tabla 9.

Tabla 9. Interpretación geofísica sondeo CODZ 10

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo(m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
15.7	0-4.29	4.29	arenas, limos	Qlla
21.96	4.29-49	53.29	arenas, limos	Qlla
6.63	49-34.4	87.7	Arcillas	Qlla
10.76	34.4-2193.3	2281	Areniscas	Tpb
291.9				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo CODZ 11 se presenta a continuación: Figura 17

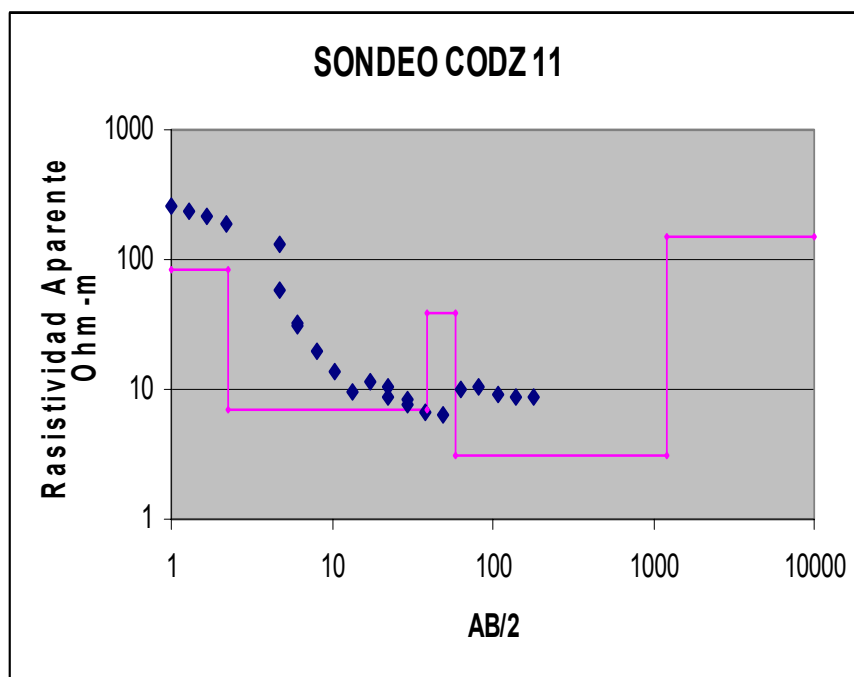


Figura 17. Curva sondeo eléctrico vertical CODZ 011

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CODZ 11 se presenta a continuación: Tabla 10

Tabla 10. Interpretación geofísica sondeo CODZ 11

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo(m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
82.02	0-2.25	2.25	gravas,arenas	Qlla
6.85	2.25-39.37	37.12	gravas,arenas	Qlla
39.35	39.37-59.2	19.82	areniscas	Tpb
3.04	59.2-1225.4	1166.2	lutitas	Ksm
150.1			basamento geoelectrico	Ksl?

6.1.2. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de Becerril

En el municipio de Becerril se ejecutaron 4 sondeos eléctricos verticales los cuales superficialmente se encuentran ubicados sobre sedimentos cuaternarios pertenecientes a los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla). En profundidad se identifican capas cuyas resistividades se pueden correlacionar con unidades geológicas del cretáceo que incluyen la formación Molino y La Luna, que conforman de acuerdo a la profundidad el basamento geoelectrico. Las planchas a escala 1:25000 donde se ubican estos sondeos Las planchas a escala 1:25000 donde se ubican estos sondeos corresponden a las siguientes; 41 III D

El tipo de curva del sondeo BEC 01 se presenta a continuación: Figura 18

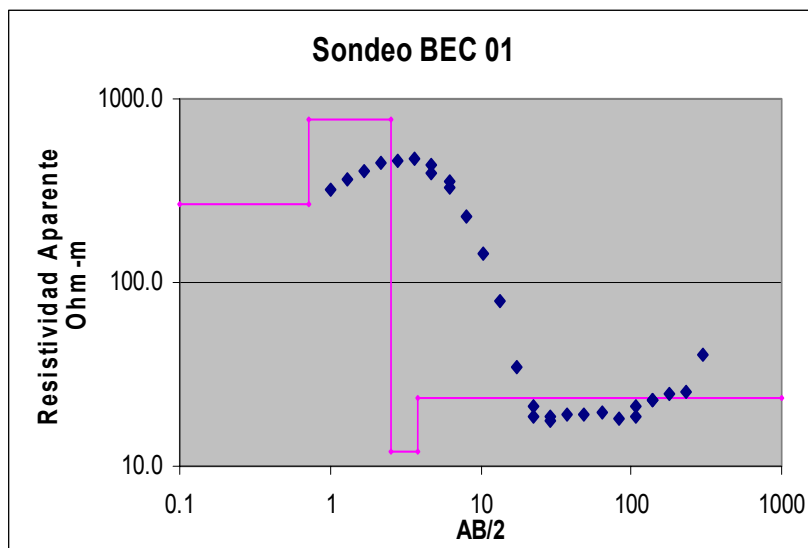


Figura 18. Curva sondeo eléctrico vertical BEC 01

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo BEC 01 se presenta a continuación: Tabla 11

Tabla 11. Interpretación geofísica sondeo BEC 01

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
265.9	0-0.696	0.696	gravas	Qlla
781.3	0.696-3.06	2.36	gravas	Qlla

12.14	3.06-12.88	9.81	arenas	Qlla
23,54			arenas	Qlla

El tipo de curva del sondeo BEC 02 se presenta a continuación: Figura 19

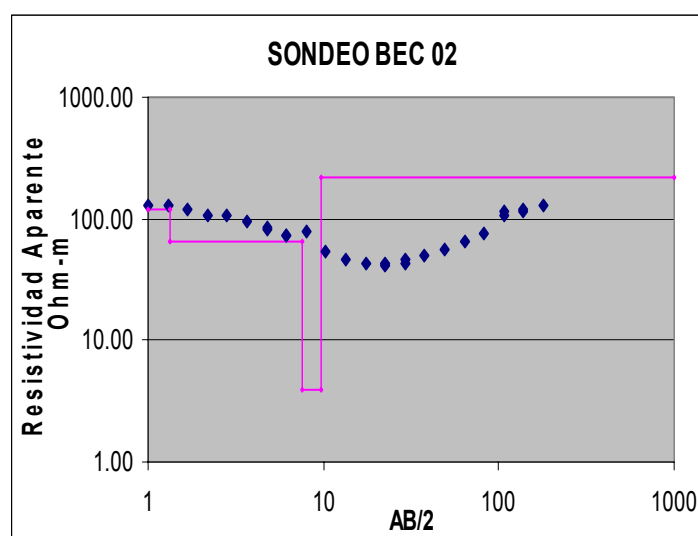


Figura 19. Curva sondeo eléctrico vertical BEC 02

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo BEC 02 se presenta a continuación: Tabla 12

Tabla 12. Interpretación geofísica sondeo BEC 02

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
120.7	0-1.33	1.33	gravas	Qlla
64.08	1.33-7.53	6.19	gravas	Qlla
3.93	7.53-9.65	2.12	lutitas	Ksm
217.7				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo BEC 03 se presenta a continuación: Figura 20.

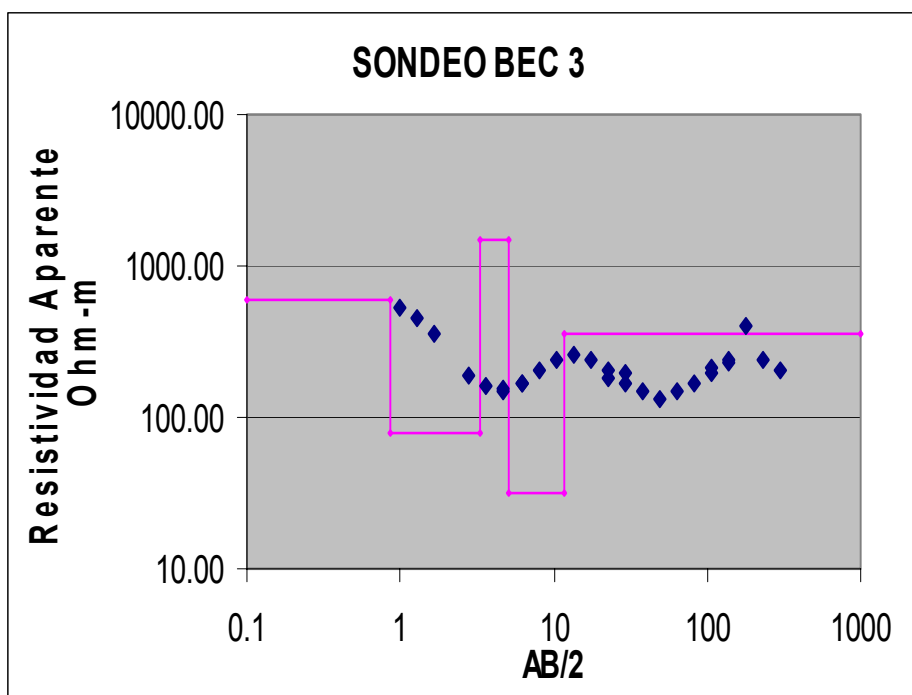


Figura 20. Curva sondeo eléctrico vertical BEC 03

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo BEC 03 se presenta a continuación: Tabla 13.

Tabla 13. Interpretación geofísica sondeo BEC 03

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
587.3	0-0.857	0.857	gravas	Qlla
80.3	0.857-3.28	2.42	gravas, arenas	Qlla
1476.9	3.28-5.12	1.83	gravas secas	Qlla
32.12	5.12-11.58	6.45	gravas	Qlla
360.7			basamento geoelectrico	Ksl?

El tipo de curva del sondeo BEC 04 se presenta a continuación: Figura 21

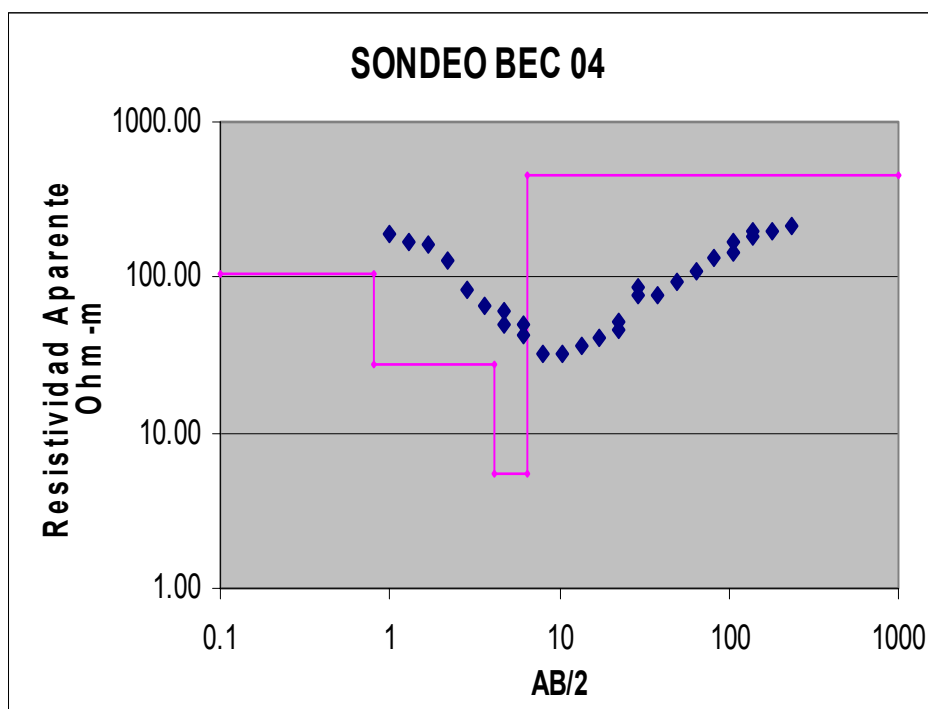


Figura 21. Curva sondeo eléctrico vertical BEC 04

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo BEC 04 se presenta a continuación: Tabla 14

Tabla 14. Interpretación geofísica sondeo BEC 04

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
107.1	0-0.808	0.808	gravas, arenas	Qlla
27.93	0.808-4.17	3.36	arenas	Qlla
5.43	4.17-6.53	2.35	lutitas	Ksm
451.1			basamento geoelectrico	Ksl

6.1.3. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de El Paso

En el municipio de Becerril se ejecutaron 10 sondeos eléctricos verticales los cuales superficialmente se encuentran ubicados sobre sedimentos cuaternarios pertenecientes a los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla). En profundidad se identifican capas cuyas resistividades se pueden correlacionar con unidades geológicas del cretáceo que incluyen la formación Sedimentitas de Arjona y la formación Cuesta, que conforman de acuerdo a la profundidad el basamento geoelectrico. Las planchas a escala 1:25000 donde se ubican estos sondeos corresponden a las siguientes; 40 IV C, 47 II B, 48 I A,

El tipo de curva del sondeo PASO 01 se presenta a continuación: Figura 22

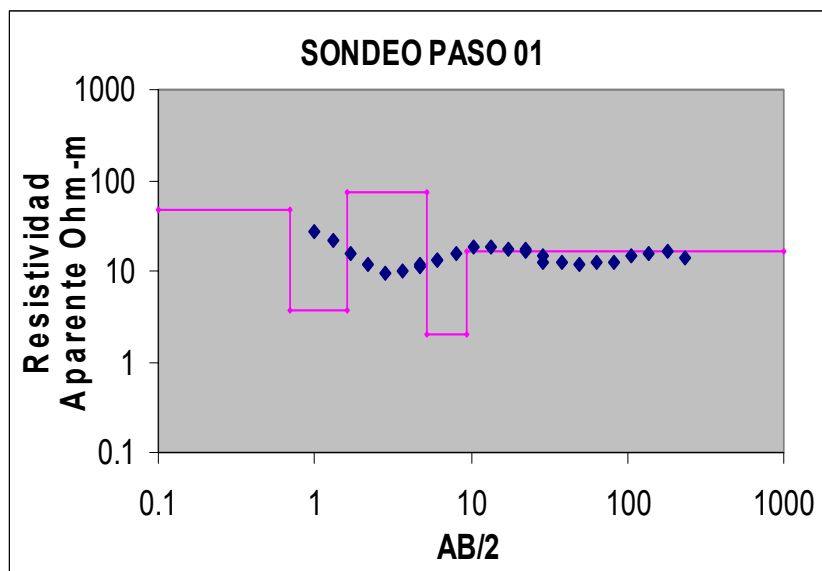


Figura 22. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 01

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo PASO 01 se presenta a continuación: Tabla 15

Tabla 15. Interpretación geofísica sondeo PASO 01

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
46.24	0-0.696	0.697	arenas	Qlla
3.7	0.696-1.6	0.904	arcillas	Qlla
73.38	1.6-5.23	3.63	arenas, gravas	Qlla

1.97	5.23-9.42	4.19	arcillas	Qlla
16.77			arenas	basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo PASO 02 se presenta a continuación: Figura 23

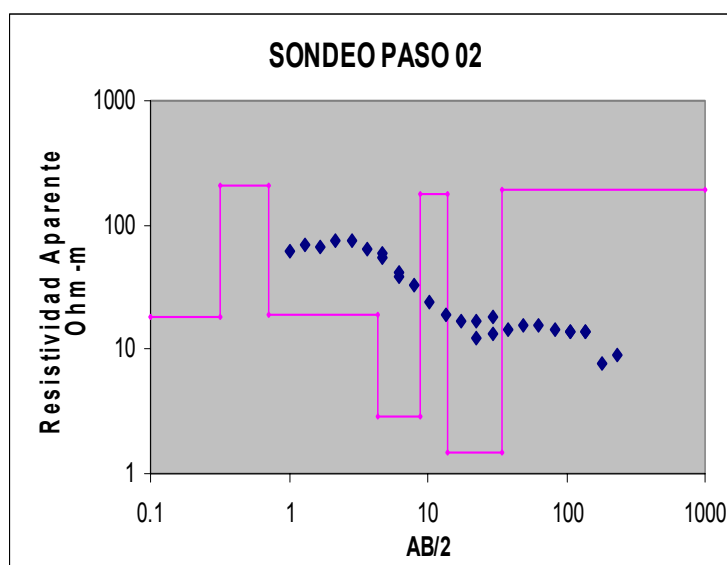


Figura 23. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 02

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo PASO 02 se presenta a continuación: TABLA 16.

Tabla 16. Interpretación geofísica sondeo PASO 02

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
18.28	0-0.318	0.318	arenas	Qlla
209.1	0.318-0.718	0.718	gravas	Qlla
19	0.718-4.33	4.33	arenas	Qlla
2.91	4.33-8.73	8.73	arcillas	Qlla
178.9	8.73-13.81	13.81	gravas	Qlla
1.51	13.81-34.74	34.74	arcillas	Qlla
195.9				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo PASO 03 se presenta a continuación: Figura 24

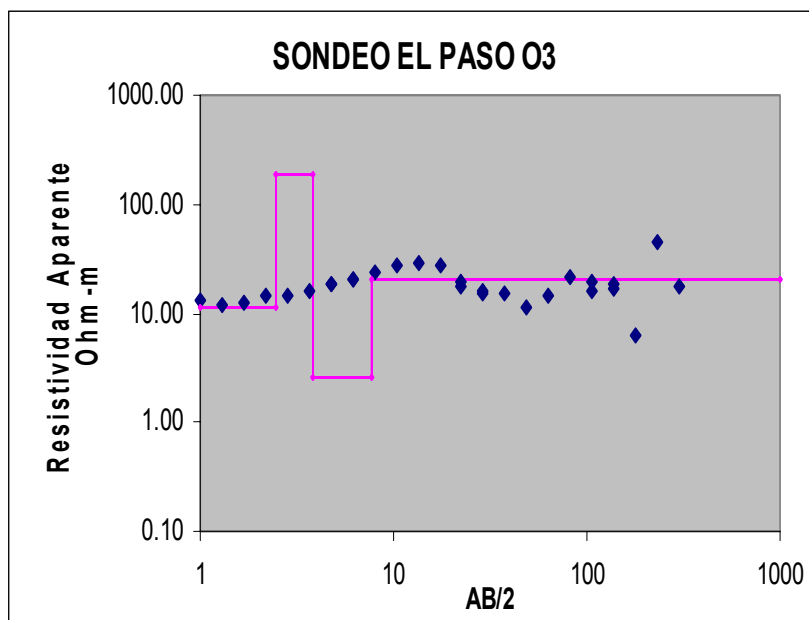


Figura 24. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 03

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo PASO 03 se presenta a continuación: Tabla 17

Tabla 17. Interpretación geofísica sondeo PASO 03

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
11.51	0-2.47	2.47	limos, arenas	Qlla
185	2.47-3.84	1.36	gravas	Qlla
2.53	3.84-7.7	3.85	arcillas	Qlla
20.74			arenas, gravas	Qlla

El tipo de curva del sondeo PASO 04 se presenta a continuación, Figura 25

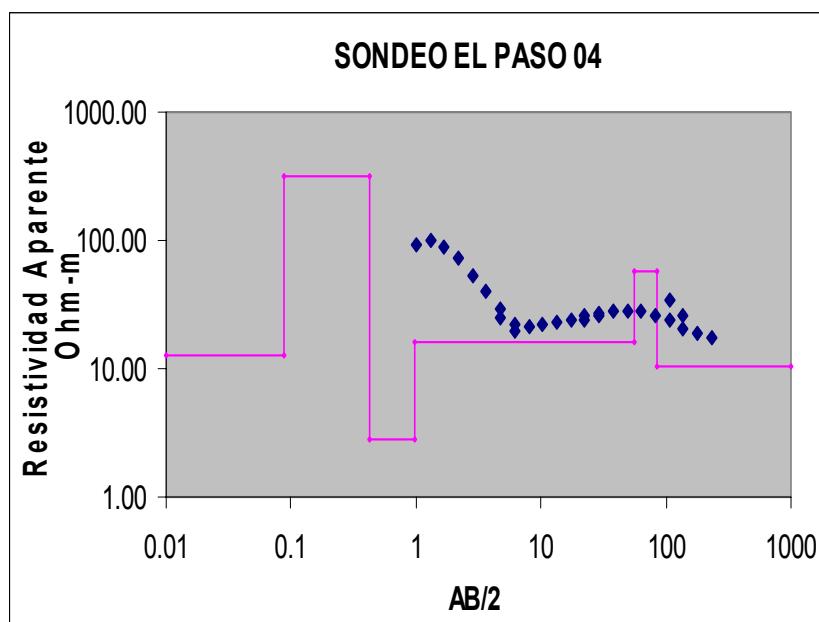


Figura 25. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 04

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo PASO 04 se presenta a continuación: Tabla 18

Tabla 18. Interpretación geofísica sondeo PASO 04

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
12.65	0-0.0829	0.0829	limos	Qlla
317.3	0.0829-0.427	0.344	gravas	Qlla
2.81	0.427-0.984	0.557	arcillas	Qlla
15.88	0.984-55.8	54.82	arenas	Qlla
56.47	55.8-84.01	28.21	areniscas	Tpaa
10.53				basamento geoelectrico (Tpaa?)

El tipo de curva del sondeo PASO 05 se presenta a continuación, Figura 26

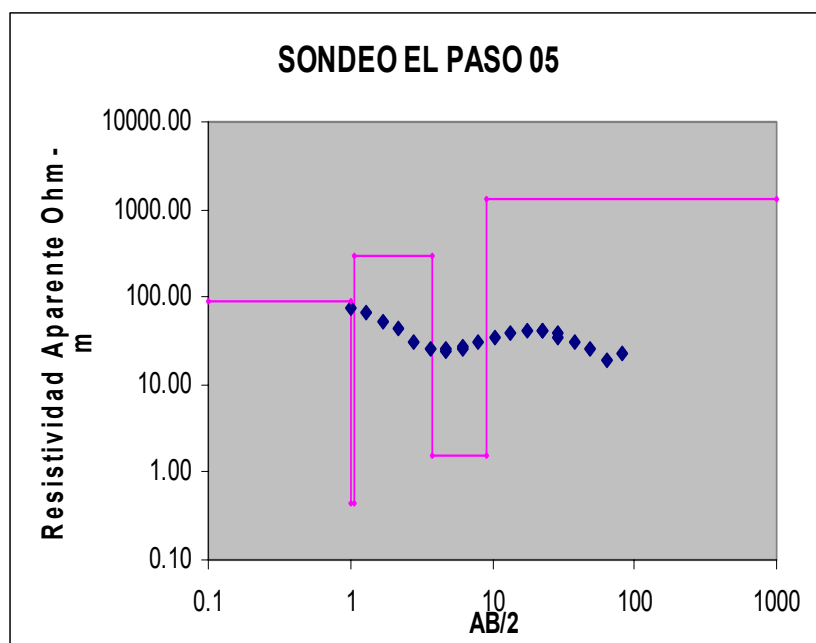


Figura 26. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 05

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo PASO 05 se presenta a continuación: Tabla 19

Tabla 19. Interpretación geofísica sondeo PASO 05

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
88.06	0-0.995	0.995	gravas	Qlla
0.447	0.995-1.06	0.0706	arcillas	Qlla
303.1	1.06-3.79	2.72	gravas	Qlla
1.55	3.79-9.06	5.27	arcillas	Qlla
1293.1				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo PASO 06 se presenta a continuación, Figura 27

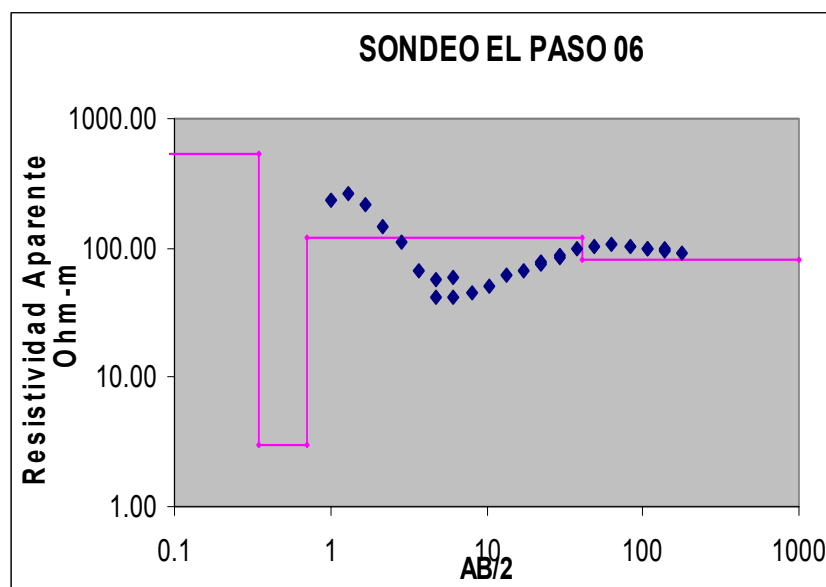


Figura 27. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 06

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo PASO 06 se presenta a continuación: Tabla 20

Tabla 20. Interpretación geofísica sondeo PASO 06

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
28,71	0-0.077	0.077	arenas	Qlla
532,1	0.077-0.35	0.272	gravas	Qlla
3,03	0.35-0.706	0.356	arcillas	Qlla
122.4	0.706-40.8	40.09	gravas	Tmc
81.73			Basamento geoelectrico	Tmc

El tipo de curva del sondeo PASO 08 se presenta a continuación, Figura 28

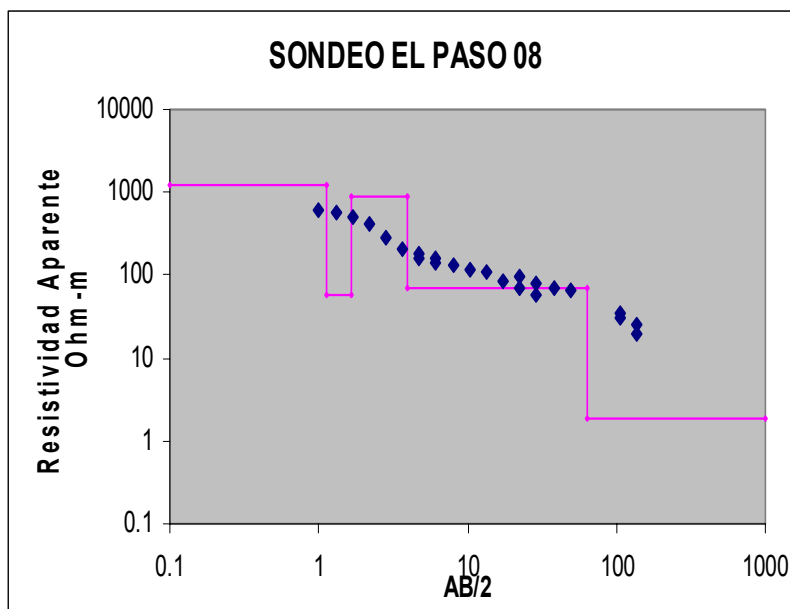


Figura 28. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 08

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo PASO 08 se presenta a continuación: Tabla 21

Tabla 21. Interpretación geofísica sondeo PASO 08

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
1228.9	0-1.12	1.12	gravas	Qlla
57.4	1.12-1.66	0.543	arenas	Qlla
881.6	1.66-3.98	2.31	gravas	Qlla o Tmc?
71	3.98-62.9	58.92	arenisca, conglomerado	Tmc
1.91				Basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo PASO 09 se presenta a continuación, Figura 29

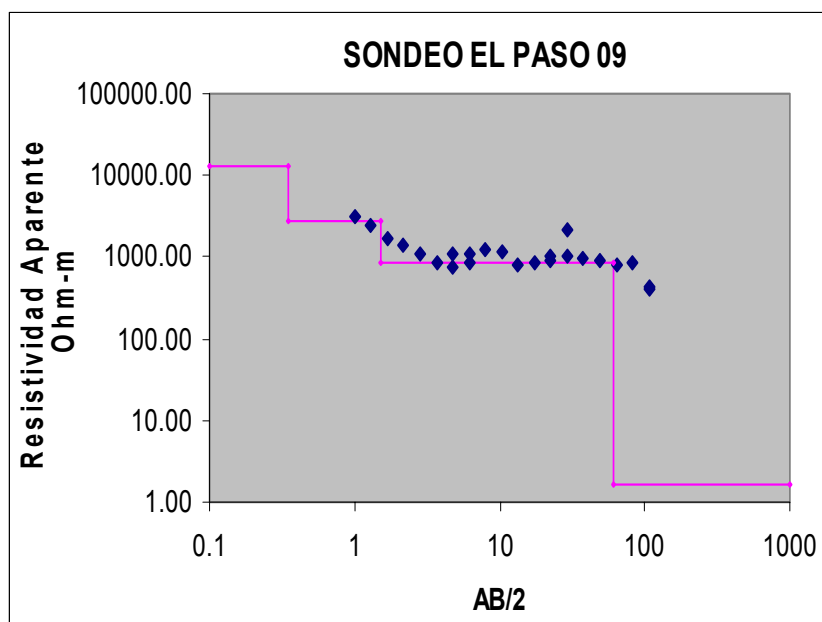


Figura 29. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 09

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo PASO 09 se presenta a continuación:

Tabla 22. Interpretación geofísica sondeo PASO 09

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
12855	0-0.345	0.345	conglomerado	Tmc
2729.7	0.345-1.51	1.16	conglomerado	Tmc
877.6	1.51-60.41	58.9	conglomerado, areniscas	Tmc
1.69				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo PASO 010 se presenta a continuación, Figura 30

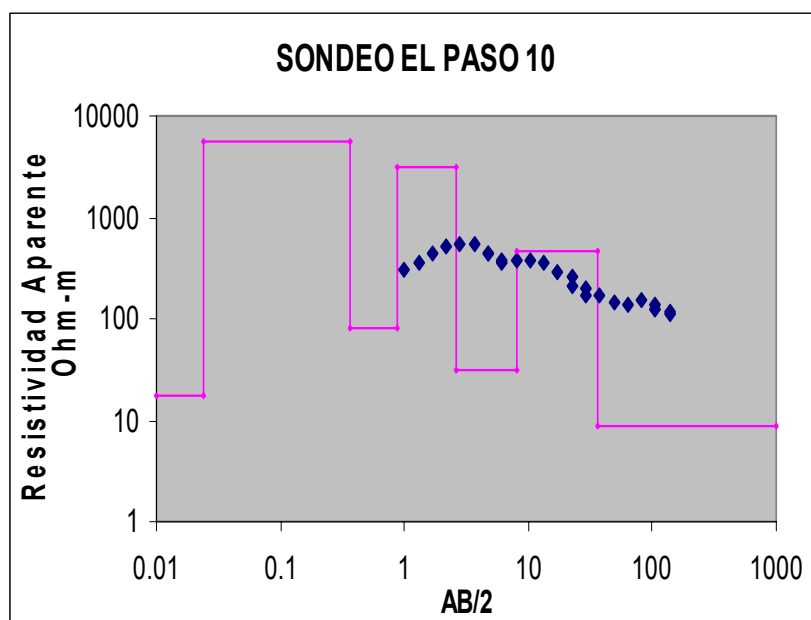


Figura 30. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 10

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo PASO 10 se presenta a continuación:

Tabla 23. Interpretación geofísica sondeo PASO 10

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
17.59	0-0.024	0.0246	arenas	Qlla
5493.6	0.024-0.37	0.346	gravas	Qlla
79.37	0.37-0.884	0.513	gravas	Qlla
3203.6	0.884-2.6	1.71	gravas	Qlla
31.09	2.6-8.17	5.57	arenas	Qlla
457.5	8.17-36.63	28.45	areniscas, conglomerado	Tmc
8.83				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo PASO 12 se presenta a continuación, Figura 31

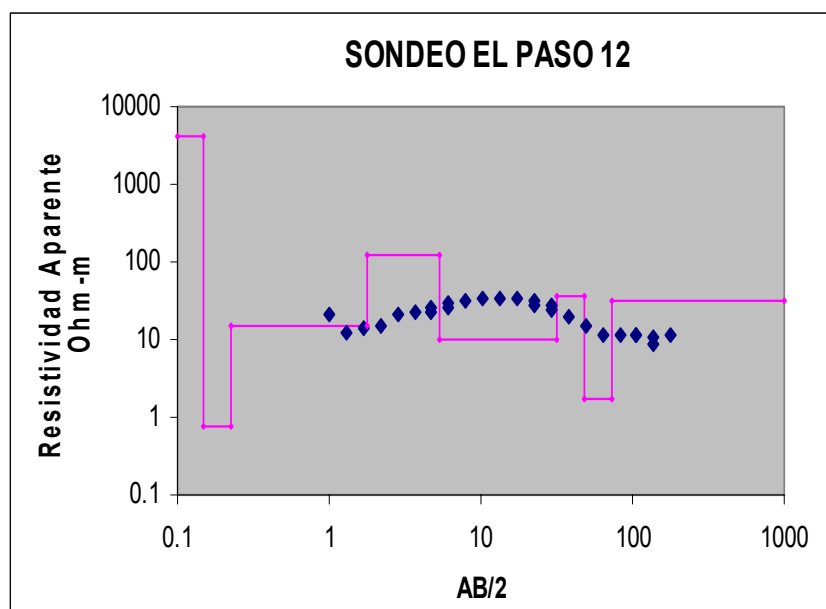


Figura 31. Curva sondeo eléctrico vertical PASO 12

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo PASO 12 se presenta a continuación:

Tabla 24. Interpretación geofísica sondeo PASO 12

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
4019	0-0.149	0.149	gravas	Qlla
0.767	0.149-0.224	0.075	arcillas	Qlla
14.61	0.224-1.77	1.55	arenas	Qlla
124.2	1.77-5.38	3.6	gravas	Qlla
10.29	5.38-31.7	26.32	arenas, limos	Qlla
36.52	31.7-47.69	15.99	arenas	Qlla
1.71	47.69-73.27	25.57	arcillas	Qlla
31.82				basamento geoelectrico

6.1.4. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de Astrea

En el municipio de Astrea se ejecutaron 9 sondeos eléctricos verticales los cuales superficialmente se encuentran ubicados sobre sedimentos cuaternarios pertenecientes a los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) o Aluvial reciente (Qal). En profundidad se identifican capas cuyas resistividades se pueden correlacionar con unidades geológicas del terciario correlacionadas con la Formación Sedimentitas de Arjona (Tpaa), que conforman de acuerdo a la profundidad el basamento geoelectrico. Las planchas a escala 1:25000 donde se ubican estos sondeos corresponden a las siguientes; 47 IB, 47 IC, 47 ID, 47 II C

El tipo de curva del sondeo ASTR 01 se presenta a continuación, Figura 32

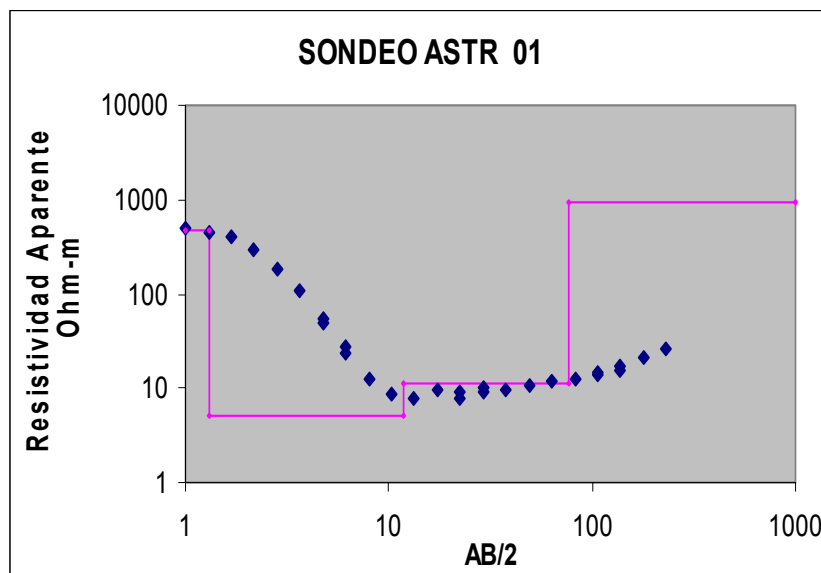


Figura 32. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 01

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo ASTR 01 se presenta a continuación: Tabla 25.

Tabla 25. Interpretación geofísica sondeo ASTR 01

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
460.2	0-1.32	1.32	gravas	Qal reciente
5.21	1.32-11.73	10.41	arcillolitas	Tpaa
11.06	11.73-77.11	77.11	areniscas	Tpaa
916.7				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo ASTR 02 se presenta a continuación, Figura 33

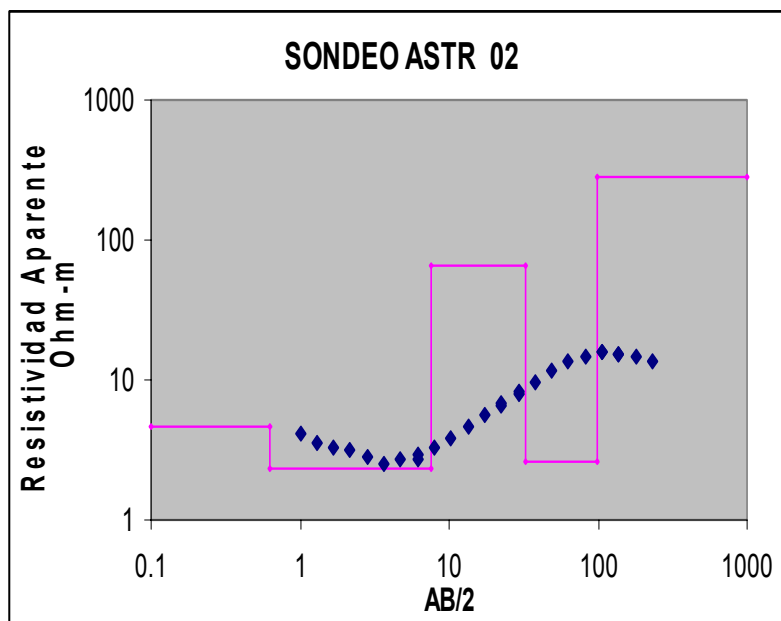


Figura 33. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 02

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo ASTR 02 se presenta a continuación: Tabla 26.

Tabla 26. Interpretación geofísica sondeo ASTR 02

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología (m)	Unidad Captada
4.67	0-0.631	0.631	arcillolitas	Tpaa
2.33	0.631-7.65	7.01	arcillolitas	Tpaa
66.07	7.65-32.38	24.73	areniscas	Tpaa
2.64	32.38-98.53	66.15	arcillolitas	Tpaa
281				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo ASTR 03 se presenta a continuación, Figura 34

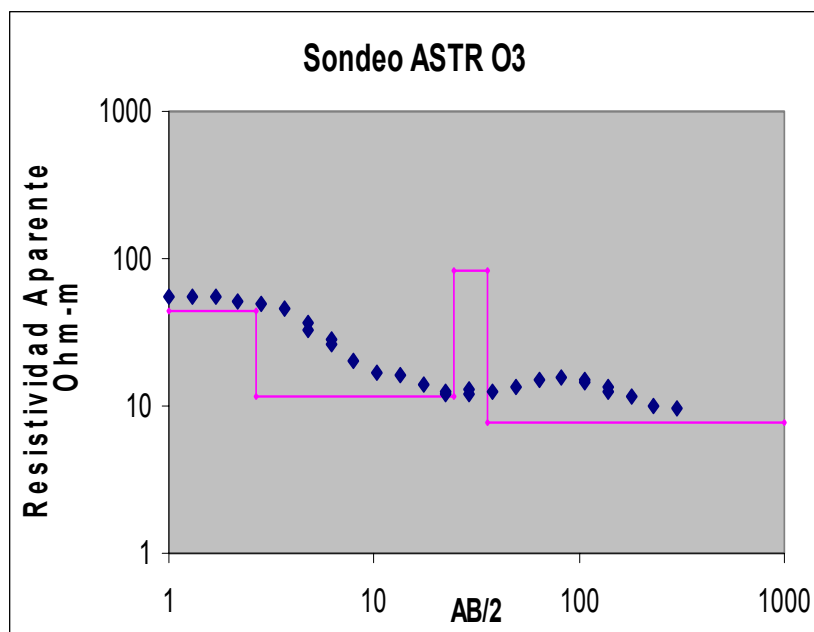


Figura 34. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 03

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo ASTR 03 se presenta a continuación: Tabla 27.

Tabla 27. Interpretación geofísica sondeo ASTR 03

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
44.41	0-2.65	2.65	areniscas	Tpaa
11.52	2.65-26.98	24.32	limolitas	Tpaa
83.07	26.98-35.94	8.96	areniscas	Tpaa
7.7				basamento geoeléctrico

El tipo de curva del sondeo ASTR 04 se presenta a continuación, Figura 35

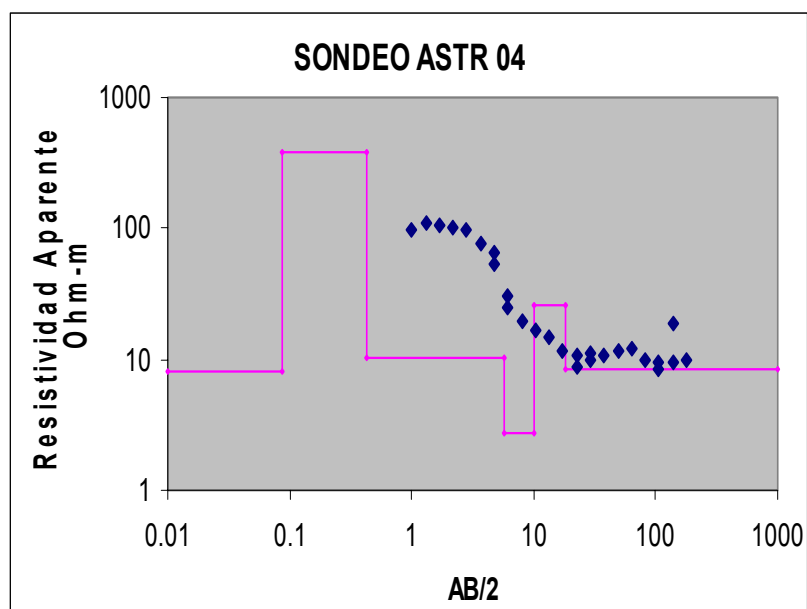


Figura 35. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 04

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo ASTR 04 se presenta a continuación: Tabla 28.

Tabla 28. Interpretación geofísica sondeo ASTR 04

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
8.11	0-0.0878	0.0878	arcillolitas	Tpaa
388.2	0.0878-0.422	0.334	conglomerados	Tpaa
10.46	0.422-5.67	5.25	areniscas	Tpaa
2.71	5.67-10.03	4.35	arcillolitas	Tpaa
25.86	10.03-18.42	8.39	areniscas	Tpaa
8.46				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo ASTR 05 se presenta a continuación, Figura 36

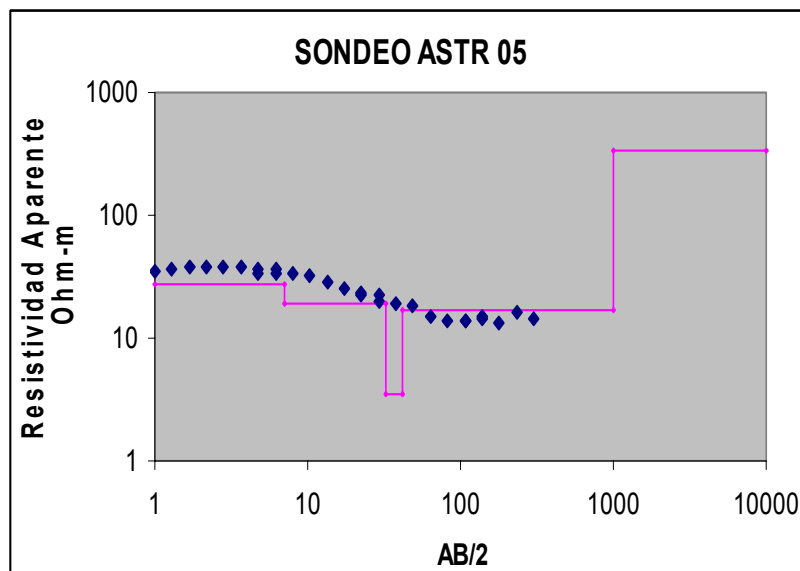


Figura 36. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 05

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo ASTR 05 se presenta a continuación: Tabla 29.

Tabla 29. Interpretación geofísica sondeo ASTR 05

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
27.18	0-7.12	7.12	arenas, gravas	Qlla
19.35	7.12-32.46	25.33	arenas	Qlla
3.56	32.46-42.06	9.59	arcillolitas	Tpaa
16.96	42.06-1012.2	970.1	areniscas	Tpaa
337.1				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo ASTR 06 se presenta a continuación, Figura 37

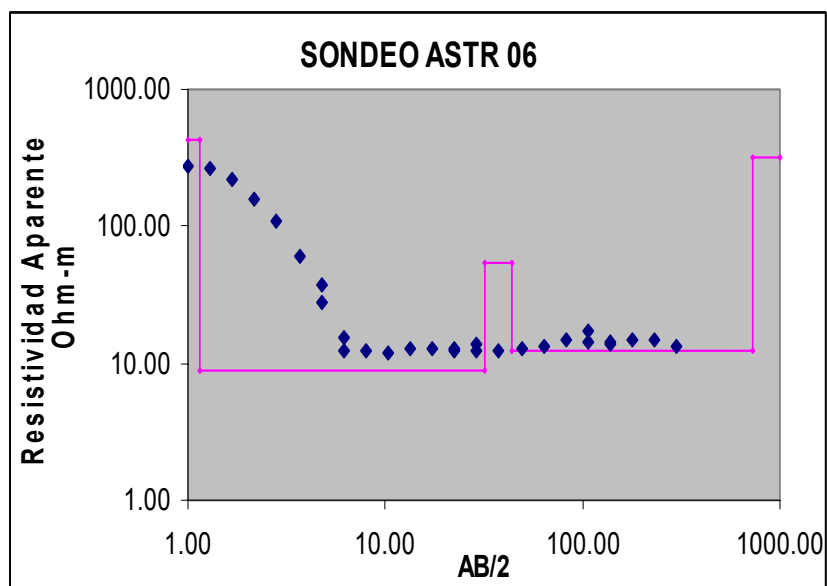


Figura 37. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 06

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo ASTR 06 se presenta a continuación: Tabla 30

Tabla 30. Interpretación geofísica sondeo ASTR 06

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
27.18	0-7.12	7.12	arenas	Qlla
19.35	7.12-32.46	25.33	arenas	Qlla
3.56	32.46-42.06	9.59	arcillolitas	Tpaa
16.96	42.06-1012.2	970.1	areniscas	Tpaa
337.1				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo ASTR 08 se presenta a continuación, Figura 38

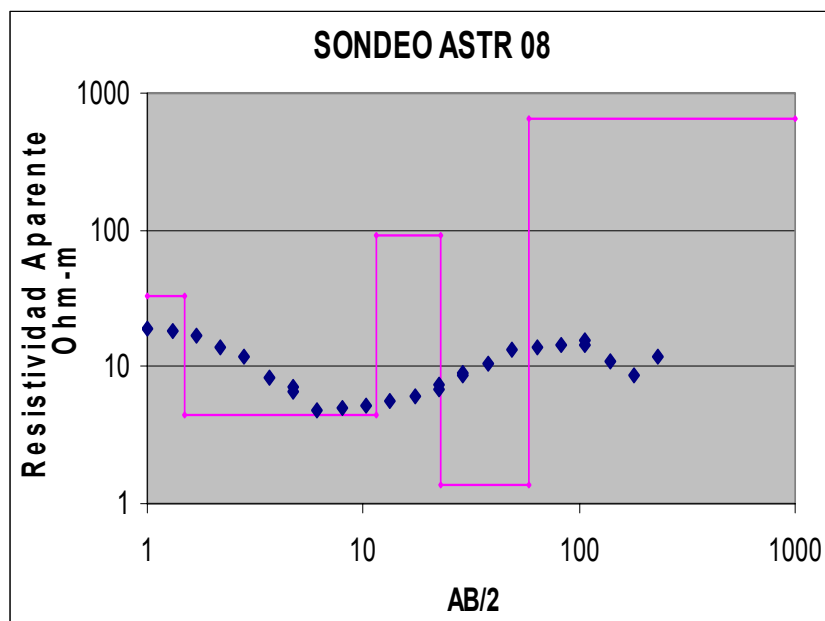


Figura 38. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 08

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo ASTR 08 se presenta a continuación: Tabla 31.

Tabla 31. Interpretación geofísica sondeo ASTR 08

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
32.52	0-1.49	1.49	arenas, gravas	Qlla
4.39	1.49-11.48	9.98	arcillas	Qlla
90.41	11.48-23.02	11.54	gravas	Qlla
1.36	23.02-58.3	35.27	arcillolitas	Tpaa
653.6				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo ASTR 09 se presenta a continuación, Figura 39

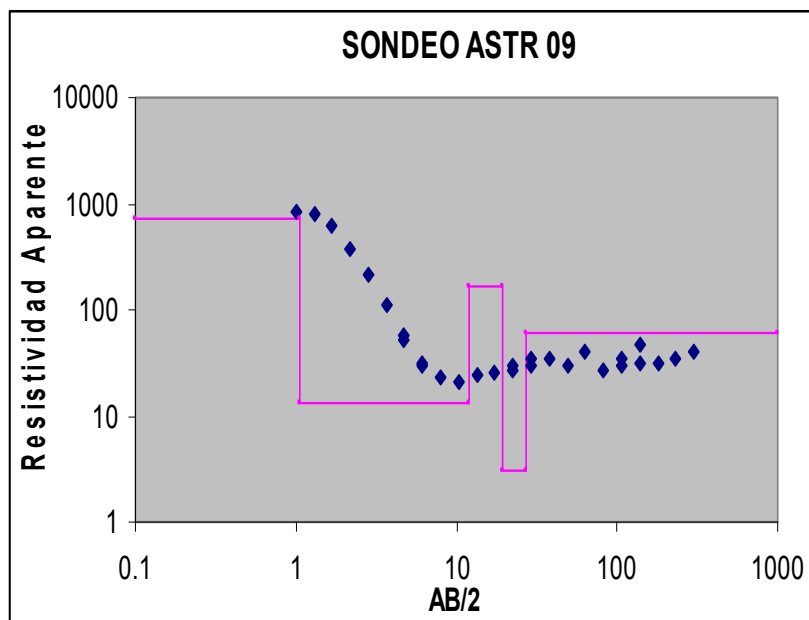


Figura 39. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 09

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo ASTR 09 se presenta a continuación: Tabla 32.

Tabla 32. Interpretación geofísica sondeo ASTR 09

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
707.7	0-1.06	1.06	gravas	Qlla
13.07	1.06-11.87	10.8	arenas	Qlla
166.7	11.87-19.28	7.41	gravas	Qlla
3.07	19.28-27.39	8.11	arcillas	Qlla
59.2				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo ASTR 10 se presenta a continuación, Figura 40

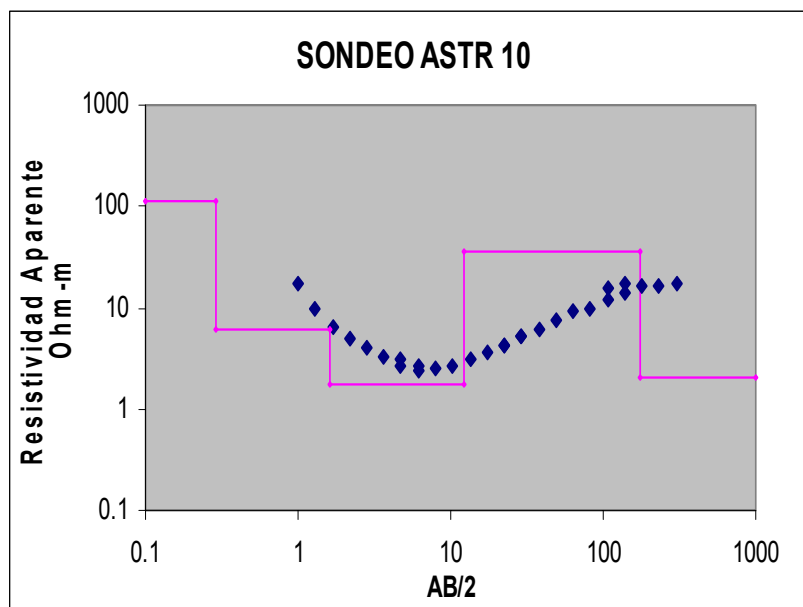


Figura 40. Curva sondeo eléctrico vertical ASTR 10

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo ASTR 10 se presenta a continuación: Tabla 33.

Tabla 33. Interpretación geofísica sondeo ASTR 10

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
110.2	0-0.289	0.289	gravas	Qlla
6.22	0.289-1.62	1.33	arcillas	Qlla
1.75	1.62-12.13	10.51	arcillas	Qlla
36.03	12.13-176.2	164.1	areniscas	Tpaa
2.07				basamento geoelectrico

6.1.5. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de Chimichagua

En el municipio de Chimichagua se ejecutaron 3 sondeos eléctricos verticales los cuales superficialmente se encuentran ubicados sobre sedimentos cuaternarios pertenecientes a los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) o Fluvio Lacustres (Qfl). En profundidad se identifican capas cuyas resistividades se pueden correlacionar con unidades geológicas del terciario correlacionadas con la Formación Sedimentitas de Arjona (Tpaa), que conforman de acuerdo a la profundidad el basamento geoelectrico. Las planchas a escala 1:25000 donde se ubican estos sondeos corresponden a las siguientes; 55 IB, 47 III B,

El tipo de curva del sondeo CHIM 02 se presenta a continuación, Figura 41

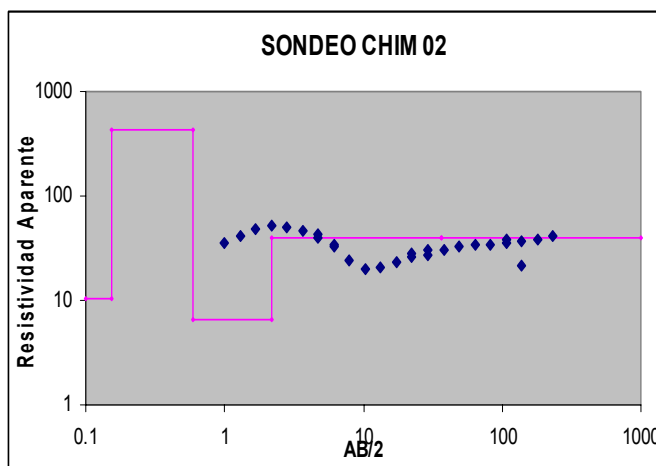


Figura 41. Curva sondeo eléctrico vertical CHIM 02

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CHIM 02 se presenta a continuación: Tabla 34.

Tabla 34. Interpretación geofísica sondeo CHIM 02

Resistividad (Ohm-m)I	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
10.43	0-0.154	0.154	arenas	Qlla
430.6	0.154-0.595	0.44	gravas	Qlla
6.49	0.597-2.17	1.58	arcillas	Qlla
39.59	2.17-36.81	3.6	areniscas	Tpaa?
39.13				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo CHIM 03 se presenta a continuación, Figura 42

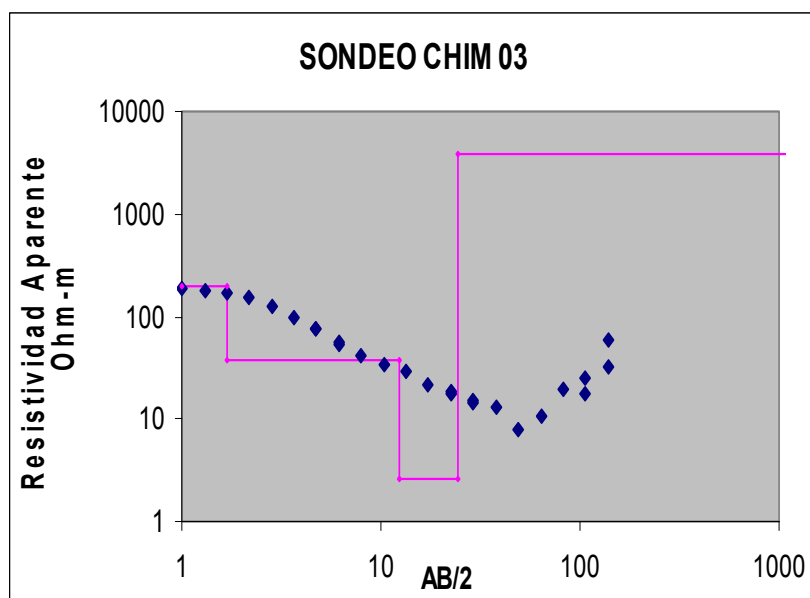


Figura 42. Curva sondeo eléctrico vertical CHIM 03

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CHIM 03 se presenta a continuación: Tabla 35.

Tabla 35. Interpretación geofísica sondeo CHIM 03

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
194.7	0-1.68	1.68	gravas	Qfl?
36.59	1.68-12.27	10.58	areniscas	Tpaa?
2.59	12.27-24.38	12.11	arcillolitas	Tpaa
3891.1				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo CHIM 07 se presenta a continuación, Figura 43

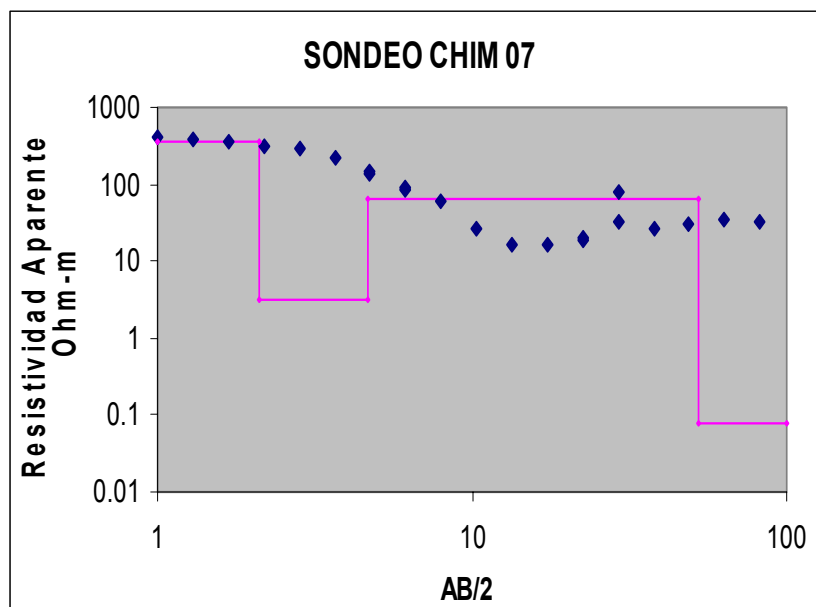


Figura 43. Curva sondeo eléctrico vertical CHIM 07

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CHIM 07 se presenta a continuación: Tabla 36.

Tabla 36. Interpretación geofísica sondeo CHIM 07

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
367.2	0-2,10	2.1	conglomerado	Tpaa
3,23	2.10-4.65	2.55	arcillolita	Tpaa
63.8	4.65-52.42	47.76	areniscas	Tpaa
0.0767				Basamento geoelectrico

6.1.6. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de Chiriguáná.

En el municipio de Chiriguáná se ejecutaron 7 sondeos eléctricos verticales los cuales superficialmente se encuentran ubicados sobre sedimentos cuaternarios pertenecientes a los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla). En profundidad se identifican capas cuyas resistividades se pueden correlacionar con unidades geológicas del terciario correlacionadas con la Formación Sedimentitas de Arjona (Tpaa) o del cretáceo Formación Río negro (Kir) que conforman de acuerdo a la profundidad el basamento geoelectrico. Las planchas a escala 1:25000 donde se ubican estos sondeos corresponden a las siguientes; 47 IVD, 48 III C

El tipo de curva del sondeo CHIR 01 se presenta a continuación, Figura 44

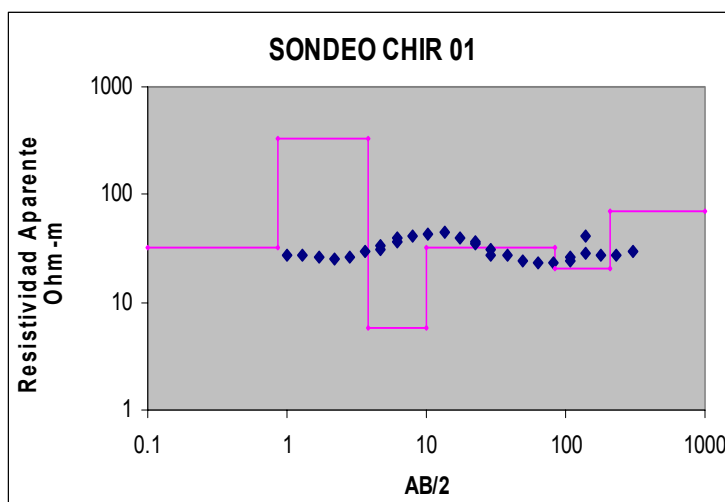


Figura 44. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 01

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CHIR 01 se presenta a continuación: Tabla 37.

Tabla 37. Interpretación geofísica sondeo CHIR 01

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Techo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
32.04	0-0.864	0.864	arenas	Qlla
13.03	0.864-1.84	0.98	arenas, limos	Qlla
326.7	1.84-3.83	1.98	gravas	Qlla
5.77	3.83-10.02	6.19	arcillas	Qlla
32.48	10.02-83.98	73.95	arenas	Qlla-Tpaa?
20.82	83.98-206.4	122.4	areniscas	Tpaa
71.46				Basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo CHIR 02 se presenta a continuación, Figura 45

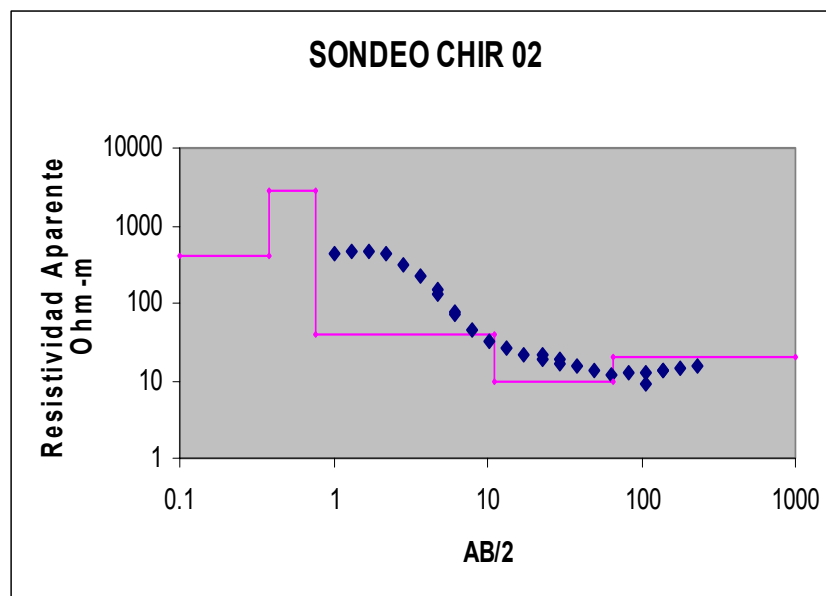


Figura 45. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 02

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CHIR 02 se presenta a continuación: Tabla 38.

Tabla 38. Interpretación geofísica sondeo CHIR 02

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Techo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
419	0-0.386	0.386	gravas	Qlla
2796.1	0.386-0.756	0.37	gravas	Qlla
39.76	0.756-11.09	10.34	gravas	Qlla
9.86	11.09-65.21	54.11	limolitas	Tpaa?
20.3				Basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo CHIR 03 se presenta a continuación, Figura 46

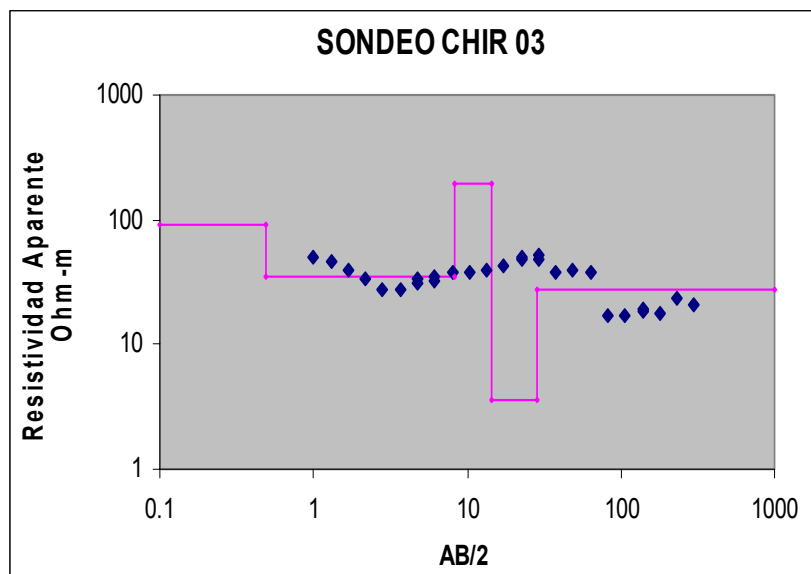


Figura 46. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 03

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CHIR 03 se presenta a continuación: Tabla 39.

Tabla 39. Interpretación geofísica sondeo CHIM 03

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
90.88	0-0.489	0.489	gravas	Qlla
35.46	0.489-8.27	7.78	gravas	Qlla
197	8.27-14.27	5.99	gravas	Qlla
3.56	14.27-28.24	13.97	arcillas	Qlla
27.99				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo CHIR 04 se presenta a continuación, Figura 47

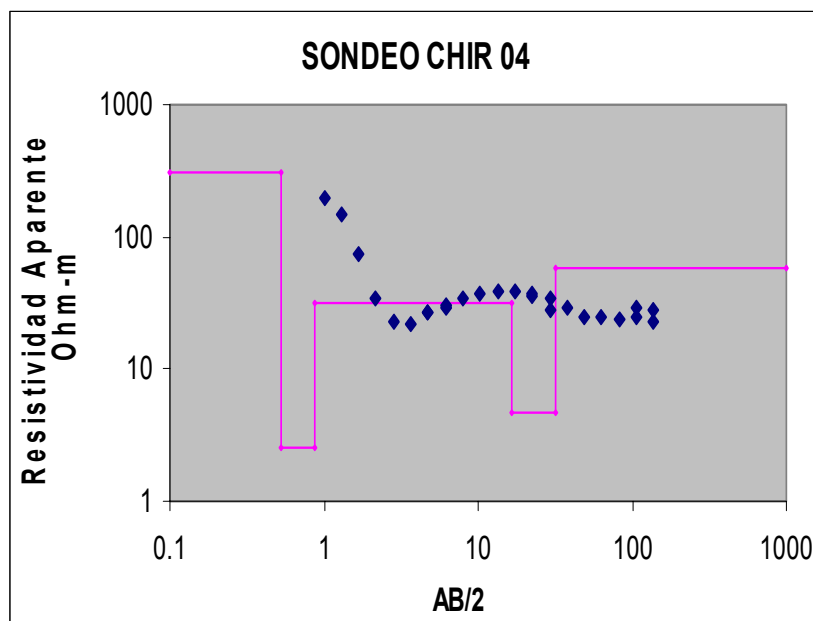


Figura 47. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 04

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CHIR 04 se presenta a continuación: Tabla 40.

Tabla 40. Interpretación geofísica sondeo CHIR 04

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
311.3	0-0.527	0.527	gravas	QIIa
2.52	0.527-0.871	0.347	arcillas	QIIa
31.62	0.871-16.62	15.75	arenas	QIIa
4.59	16.62-32.09	15.46	arcillas	QIIa
58.31				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo CHIR 05 se presenta a continuación, Figura 48

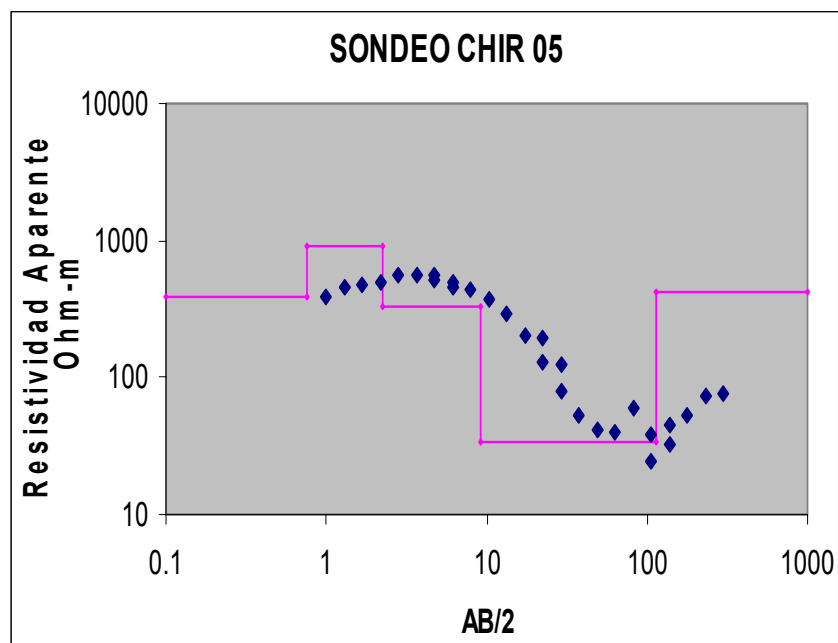


Figura 48. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 05

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CHIR 05 se presenta a continuación: Tabla 41.

Tabla 41. Interpretación geofísica sondeo CHIR 05

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
386.4	0-0.76	0.76	gravas	QIIa
926.9	0-76-2.25	1.49	gravas	QIIa
328.2	2.25-9.22	6.97	gravas	QIIa
34.13	9.22-115.2	106	arenas	QIIa
418.5				basamento geoeléctrico

El tipo de curva del sondeo CHIR 07 se presenta a continuación, Figura 49

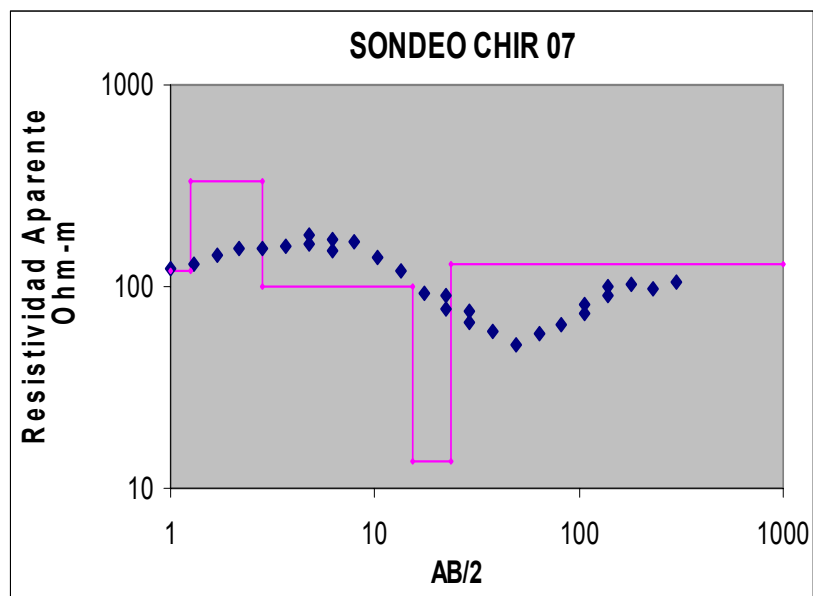


Figura 49. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 07

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CHIR 07 se presenta a continuación: Tabla 42.

Tabla 42. Interpretación geofísica sondeo CHIR 07

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
119.71	0-1.2534	1.25	gravas	Qlla
333.92	1.25-2.81	1.55	gravas	Qlla
99.03	2.81-15.31	12.5	gravas	Qlla
13.716	15.3-23.45	8.14		Qlla-Kir?
130.5				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo CHIR 09 se presenta a continuación, Figura 50

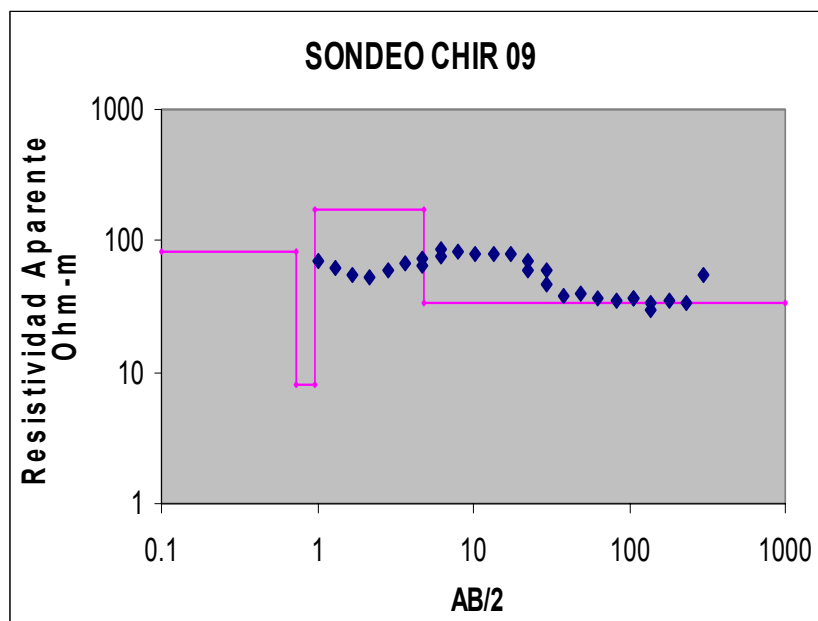


Figura 50. Curva sondeo eléctrico vertical CHIR 09

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo CHIR 09 se presenta a continuación: Tabla 43

Tabla 43. Interpretación geofísica sondeo CHIR 09

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
82.26	0-0.728	0.728	gravas, arenas	QIIa
8.2	0.728-0.974	0.245	arcilla	QIIa
170.3	0.974-4.84	3.86	gravas	QIIa
33.91				basamento geoelectrico

6.1.7. Sondeos Eléctricos Verticales Municipio de La Jagua de Ibirico

En el municipio de La Jagua de Ibirico se ejecutaron 4 sondeos eléctricos verticales los cuales superficialmente se encuentran ubicados sobre sedimentos cuaternarios pertenecientes a los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla). De Terraza Aluvial (Qt). En profundidad se identifican capas cuyas resistividades se pueden correlacionar con unidades geológicas del terciario correlacionadas con la Formación Barco (Tpb), Formación Cuesta (Tmc) o del cretáceo Formación Molino (Ksm) que conforman de acuerdo a la profundidad el basamento geoelectrico. Las planchas a escala 1:25000 donde se ubican estos sondeos corresponden a las siguientes; 48 IC, 48 ID

El tipo de curva del sondeo LA JAGUA 01 se presenta a continuación, Figura 51

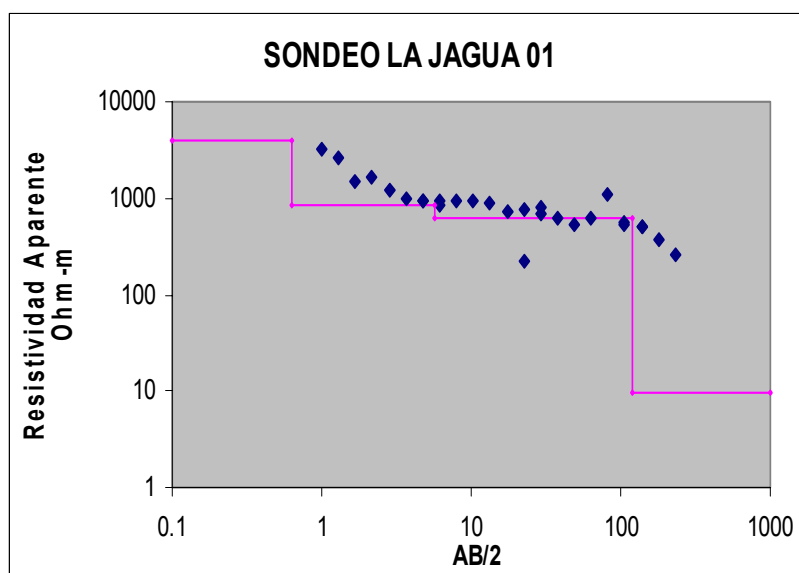


Figura 51. Curva sondeo eléctrico vertical Jagua 01

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo LA JAGUA 01 se presenta a continuación: Tabla 44

Tabla 44. Interpretación geofísica sondeo La Jagua 01.

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
3974.7	0-0.635	0.635	gravas	Qlla
835.7	0.635-5.76	5.12	gravas	Qlla
618.9	5.76-118.6	112.8	gravas	Qlla
9.7				basamento geoelectrico (Tpb?)

El tipo de curva del sondeo LA JAGUA 02 se presenta a continuación, Figura 52

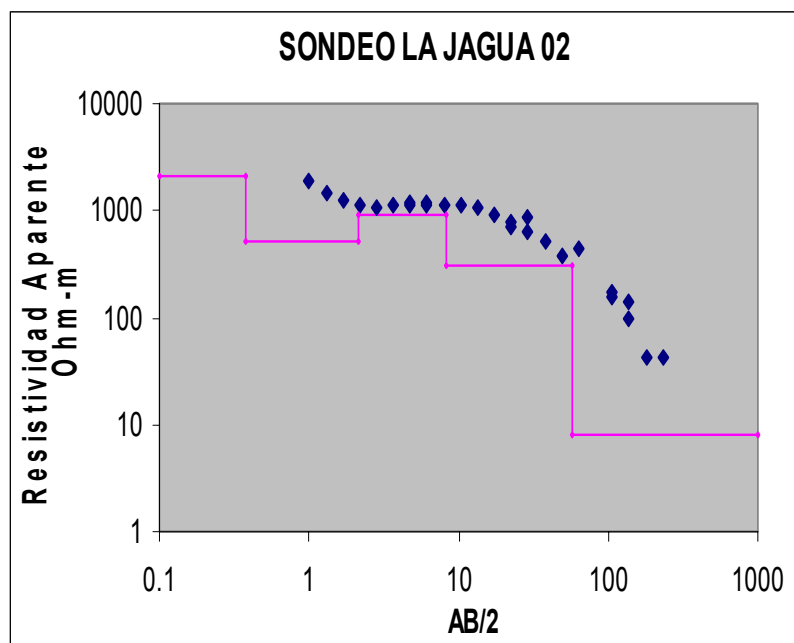


Figura 52. Curva sondeo eléctrico vertical La Jagua 02

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo LA JAGUA 02 se presenta a continuación: Tabla 45.

Tabla 45. Interpretación geofísica sondeo La Jagua 02.

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
2088	0-0.381	0.381	gravas	Qlla
524.4	0.381-2.13	1.75	gravas	Qlla
904.7	2.13-8.32	6.19	gravas	Qlla
299.9	8.32-58.11	49.78	gravas, arenas	Qlla
8.12				basamento geoeléctrico

El tipo de curva del sondeo La JAGUA 03 se presenta a continuación: Figura 53.

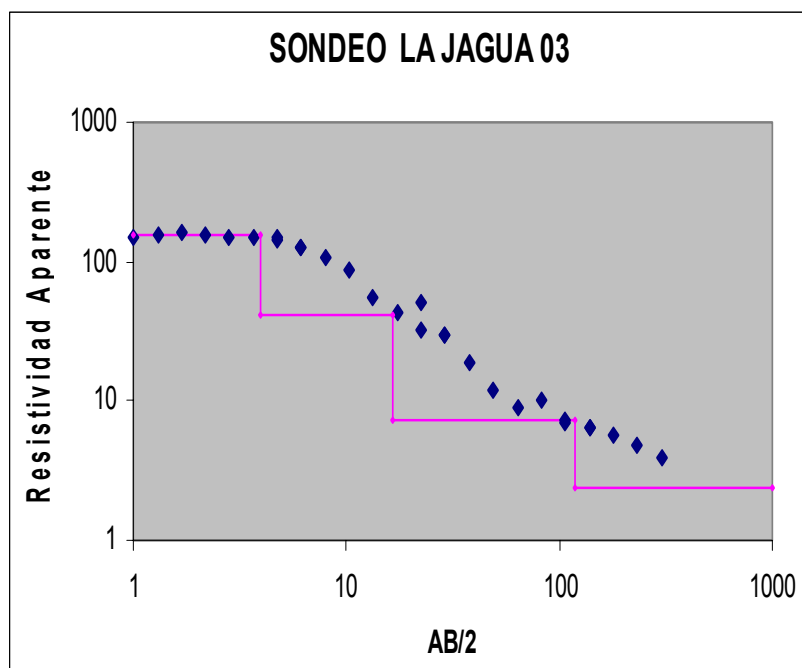


Figura 53. Curva sondeo eléctrico vertical Jagua 03

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo LA JAGUA 03 se presenta a continuación: Tabla 46.

Tabla 46. Interpretación geofísica sondeo La Jagua 03

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo (m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
156	0-3.95	3.95	gravas	Qt
41.11	3.95-16.36	12.4	arenas, gravas	Qt
7.38	16.36-118.36	102.3	arcillas, limos	Qt -Ksm?
2.34				basamento geoelectrico

El tipo de curva del sondeo La JAGUA 04 se presenta a continuación: Figura 54

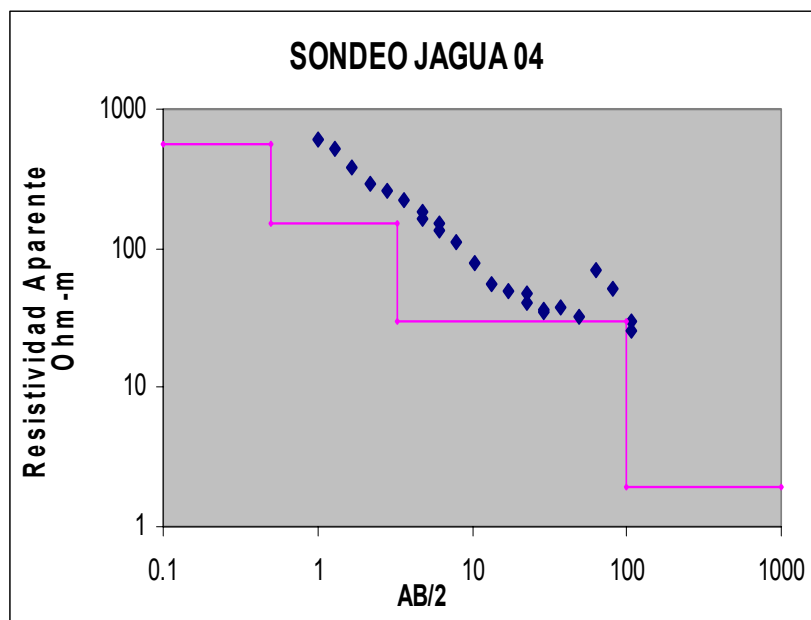


Figura 54. Curva sondeo eléctrico vertical Jagua 04

La interpretación matemática y correlación geológica del sondeo LA JAGUA 04 se presenta a continuación: Tabla 47.

Tabla 47. Interpretación geofísica sondeo La Jagua 04

Resistividad (Ohm-m)	Profundidad Intervalo(m)	Espesor (m)	Litología	Unidad Captada
568.2	0-0.496	0.496	conglomerado	Tmc
148.2	0.496-3.3	2.8	areniscas	Tmc
29.62	3.33-99.88	96.58	areniscas	Tmc
1.91				basamento geoelectrico



7. BALANCE HÍDRICO.

Para estimar las reservas del agua subterránea de los sistemas acuíferos que se extienden subsuperficialmente y en el subsuelo en el área de estudio del presente convenio, se debe evaluar la magnitud de la recarga potencial proveniente de la precipitación a través de los suelos teniendo en cuenta espacial y temporalmente la magnitud de la escorrentía, la evapotranspiración y la variaciones de contenido de humedad de los suelos de cada una de las cuencas y/o subcuencas involucradas en el área de estudio.

Por tal razón se hace necesaria la estimación de la escorrentía superficial, evapotranspiración y valores de precipitación media mensual multianual en cada una de las subcuencas, lo que permitirá estimar el Balance Hídrico en el área de estudio del convenio con el fin de obtener la oferta total de agua subterránea y superficial.

La información obtenida puede ser utilizada para evaluar los recursos hídricos del área de trabajo (calidad, cantidad y distribución en tiempo y espacio), además de la capacidad para el suministro para satisfacer la demanda; así mismo se pueden proyectar y diseñar proyectos relacionados con el agua, planificar buenas estrategias de gestión del recurso hídrico en la Corporación. De la misma forma es de gran importancia que exista una actualización de las redes de datos en las estaciones en la zona de trabajo que permitan tomar los datos reales del comportamiento de las diferentes variables que se utilizan para la estimación del balance hídrico.

Con el fin de estimar las diferentes variables hidrológicas y meteorológicas que permitan obtener un valor de oferta hídrica para la zona, se estimaron los valores de precipitación por el método de isoyetas para cada una de la subcuencas que se encuentra dentro del área de trabajo, la evapotranspiración se estimó por varios métodos, seleccionándose el de Thornthwaite y de García López, debido a que la información con la que contaban las estaciones cumplen con los parámetros necesarios para la estimación de la evapotranspiración potencial y real y que los resultados obtenidos a nivel promedio mensual multianual siguen la tendencia y magnitud de la evaporación; así mismo se estimaron los valores de precipitación para cada una de las subcuencas del convenio por el método de isolineas de precipitación, de la misma forma se estimaron los valores de escorrentía de las mismas subcuencas, los valores de cada una de las variables se estimaron por cuencas con el fin de realizar el balance hídrico con énfasis en estimar la recarga o infiltración potencial a través de los suelos para las 11 subcuencas que hacen parte del presente convenio.

Para la realización del balance hídrico se tomó en cuenta el área norte del departamento del Cesar, ya que las variables climáticas tienen comportamiento regional y no puntual debido a la influencia que un parámetro (dirección y velocidad del viento) ejerce sobre toda una región, hasta el punto que las precipitaciones que se presentan en el área objeto del presente estudio bien pueden deberse a circunstancias naturales o antrópicas que ocurren fuera del departamento del Cesar o, aún dentro de él pero que, en todo caso dejan sentir su efecto en los demás parámetros que intervienen en el balance hídrico. Es así como la información que se presenta en este aparte del documento refleja datos que pertenecen a sectores

localizados por fuera del área objeto de estudio del convenio 132-2003, y que han sido derivada a partir de los registros de la red hidrometeorológica nacional operada por el IDEAM.

7.1 Delimitación de las Cuencas.

Para la delimitación de las cuencas que componen el área de trabajo fue necesaria la utilización de cartografía escala 1:25000 elaborada por el DANE, además de la cartografía del área del departamento del Cesar en la misma escala, en total se utilizaron 22 cuadrantes de la zona. Esta separación de las subcuencas se realizó teniendo como base la cuenca del río Cesar, cuenca que había sido delimitada con anterioridad, así mismo se utilizaron las curvas de nivel, la red de drenajes, vías y los límites municipales; como resultado final después de haber realizar cada uno de de los procedimiento se obtuvo un total de 32 subcuencas, de las cuales y para los propósitos del área del presente convenio, se utilizan 8 subcuencas del norte del departamento, Figura 55

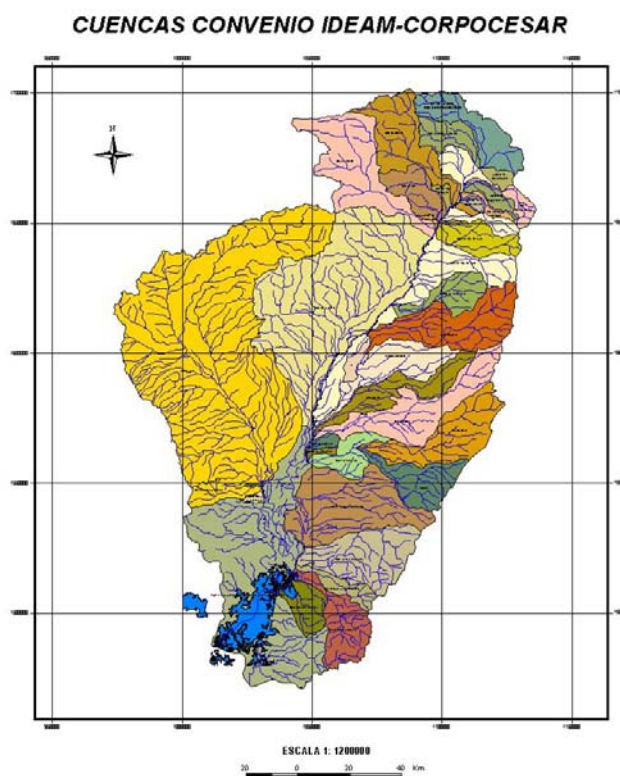


Figura 55. Mapas cuencas del área de estudio.

En la tabla 48 se relaciona el área de las subcuencas que se utilizarán para estimar los valores de caudales medios mensuales multianuales necesarios para estimar la escorrentía superficial utilizada para el cálculo del balance hídrico de la zona.

Tabla 48 Cuencas del área de estudio

Nº	NOMBRE	ÁREA Km²
1	Ríos Ariguaní	5119.33
2	Arroyo San Antonio	1085.69
3	Río Casacará	792.25
4	Río Fernambuco	511.35
5	Río Magiraimo	801.97
6	Río Calenturitas	426.97
7	Río Sicarare	461.45
8	Quebrada Astrea	199.89

7.2. ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA

La escorrentía superficial se estima con el fin de conocer las variaciones espaciales y temporales de los caudales que drenan por los cauces de las cuencas o subcuencas delimitadas para el área de estudio, y su magnitud está condicionada por la precipitación, las características físicas y estructurales del suelo, además de la influencia de otros factores como son la pendiente, el tipo de uso asociado a éste, la densidad y tipo de cobertura vegetal. Para tal fin y contando con la información de series históricas de caudales medios diarios y mensuales de las estaciones hidrológicas, se procedió a realizar un análisis estadístico de datos para cada uno de los meses para el periodo 1990 – 2000. Lo anterior condujo a elaborar mapas de isohietas de escorrentía promedio mensual multianual los cuales nos permite conocer las variaciones espaciales y en magnitud de la escorrentía en (mm) para las subcuencas involucradas.

Para obtener los valores de lámina de escorrentía en las cuencas del área de estudio se procesaron mediante el programa Surfer y utilizando el método de interpolación Kriging los valores de caudales medios mensuales multianuales de las estaciones hidrológicas que se encuentran en el área para en el programa; obteniéndose como resultado 12 mapas de isohietas de escorrentía para cada uno de los meses durante los 10 años de la serie histórica seleccionada (1990 -2000). La grilla de los mapas de isohietas de escorrentía generados en formato (*.grid) que se obtiene después de interpolar los datos en Surfer se guardan en formato ASCII para ser exportada al formato de Arcgis (shp) para generar los mapas de isohietas de escorrentía para cada subcuenca utilizando un programa llamado Surfer to Arcview. Después de procesar esta información y con los datos obtenidos se exporta del formato de Surfer al software ArcGis para poder obtener los valores medios mensuales multianuales de la escorrentía en cada una de las 9 subcuencas del área de estudio.

En la siguiente tabla No 49 se encuentran los nombres de cada una de las estaciones utilizadas para el cálculo de la escorrentía media mensual multianual para el área del convenio Ideam-Corpoesar, además de los códigos y categoría para cada una de ellas. En el Figura 56 se encuentran ubicadas las estaciones que se utilizaron para la estimación de la escorrentía dentro del área de las subcuencas delimitadas para el convenio.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

Tabla N° 49. Estaciones hidrológicas

Código	Cat	Nombre Estación	Nombre Corriente	Nombre Departamento	Nombre Municipio
1508502	CP	Nazareth	Ay sharimahana	La guajira	Urbilla
1605501	CP	Apto aguas claras	Limon	Norte Santander	Ocaña
1605504	CP	Abrego centro admo	Algodonal	Norte Santander	Abrego
2318501	CP	Villa Leiva	Q stos gutierrez	Santander	Sabana de torres
2320503	CO	Sta rosa d simiti	Q las mercedes	Bolivar	Santa rosa del sur
2321001	PM	Pto mosquito	Magdalena	Cesar	Gamarra
2321503	CO	Aguas claras	Buturama	Cesar	Aguachica
2502022	PM	Astrea	Q arjona	Cesar	Astrea
2502023	PM	Jagua la	Ay jobito	Cesar	La jagua de ibirico
2502024	PM	Canal el	Ay perete	Cesar	Chimichagua
2502025	PM	Curumani	Animito	Cesar	Curumani
2502026	PM	Rincon hondo	Ay jobito	Cesar	Chiriguana
2502027	PM	Saloa	Cga zapatosa	Cesar	Chimichagua
2502028	PM	Loma la	Ay paraluz	Cesar	El paso
2502502	CP	Monterrey forestal	Magdalena	Bolivar	Zambrano
2502525	CO	Chiriguana	Ay jobito	Cesar	Chiriguana
2502532	CP	Alamos los	Magdalena	Magdalena	San sebastian de buenavi
2801002	PM	Descanso el	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2801004	PM	Manaure	Manaure	Cesar	Manaure
2801007	PM	Villa Marlene	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2801009	PM	Patillal	Ay malena	Cesar	Valledupar
2801036	PM	Atanquez	Badillo	Cesar	Valledupar
2801037	PM	Paris de Francia	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2802008	PM	Playas hda las	Con perez	Cesar	Agustin codazzi
2802015	PM	Esperanza hda la	Pernambuco	Cesar	Valledupar
2802023	PM	Llanos los	Ay candela	Cesar	Becerril
2802041	PM	San benito	Chiriaimo	Cesar	San diego
2802042	PM	San Gabriel	Con olaya	Cesar	Agustin codazzi
2802044	PM	Sta teresa hda	Sicarare	Cesar	Agustin codazzi
2802046	PM	Codazzi dc	Pernambuco	Cesar	Agustin codazzi
2802059	PM	Leticia	Chiriaimo	Cesar	San diego
2802060	PM	Retorno el	Sicarare	Cesar	Agustin codazzi
2802502	CO	Rincon el	Jobo	Cesar	San diego
2802507	AM	Motilonia Codazzi	Pernambuco	Cesar	Agustin codazzi
2802508	CP	Socomba	Con el zorro	Cesar	Becerril
2802509	CO	Centenario hda	Casacara	Cesar	Agustin codazzi
2803019	PM	Caracoli	Garupal	Cesar	Valledupar
2803501	CO	Villa rosa	Diluvio	Cesar	Valledupar
2803502	CO	Callao el	Azucarabuena	Cesar	Valledupar
2803503	SP	Apto Alfonso lopez	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2803504	CO	Guaymaral	Garupal	Cesar	Valledupar
2804001	PM	Pueblo bello	Ariguani	Cesar	Pueblo bello
2804003	PM	Bosconia	Ariguani	Cesar	Bosconia

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

2804007	PM	Palmariguani	Ay mallorquín	Cesar	Bosconia
2804027	PM	Manature hda	Ay aguas lindas	Cesar	Bosconia
2804031	PM	Molino el	Ay las mulas	Cesar	El paso
2804035	PM	Paso el	Ariguani	Cesar	El paso
2906503	CO	Prado Sevilla	Sevilla	Magdalena	Zona bananera

MAPA N° 2. ESTACIONES HIDROLÓGICAS

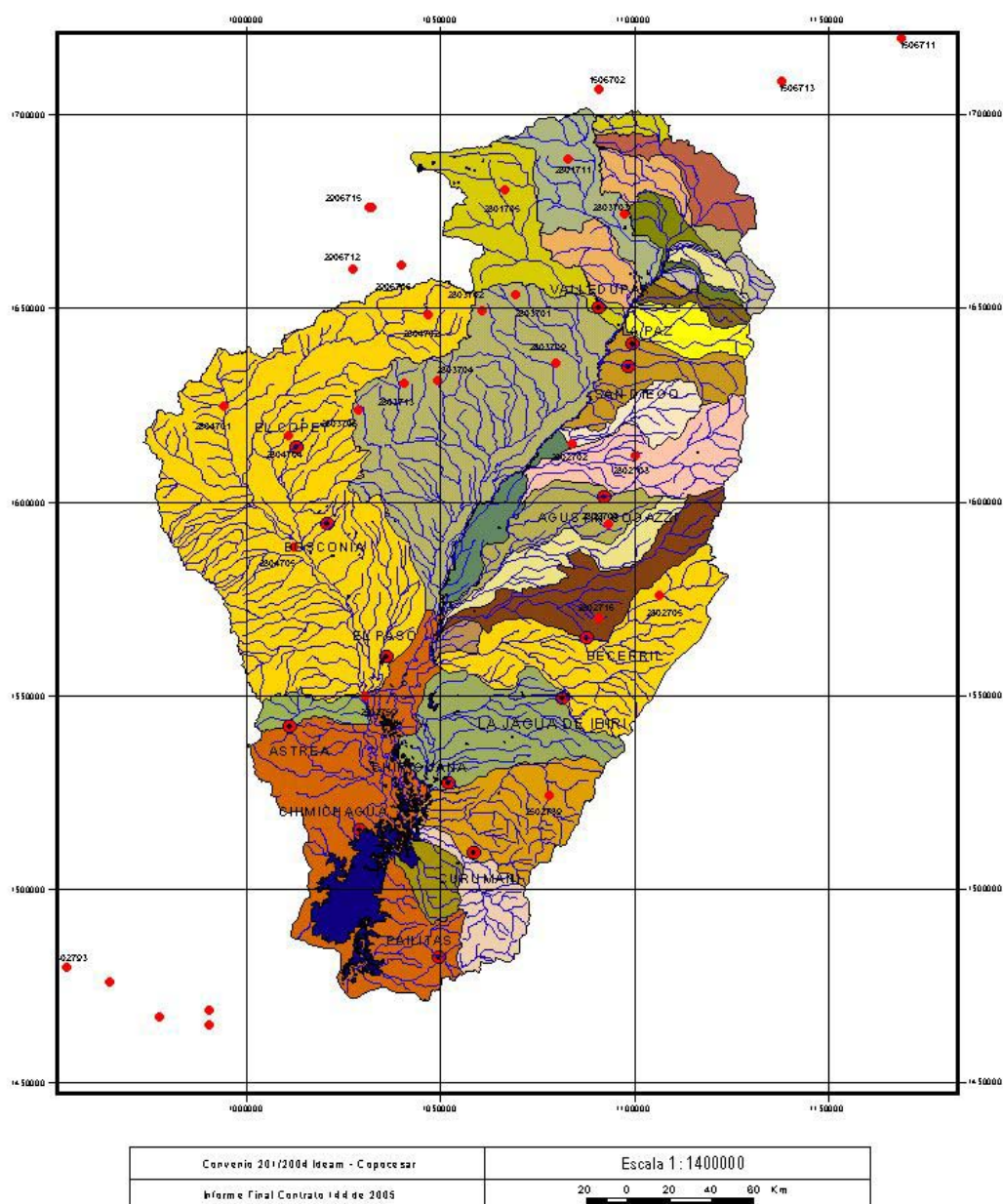


Figura 56. Mapas con ubicación de las estaciones hidrológicas.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

Como resultado final después de realizar todo el procesamiento se esta información se obtiene la tabla N° 50 en la cual se presentan los valores de escorrentía media mensual multianual para las cada una de las cuencas del área de trabajo, cada uno de esto valores se utilizó para estimar los valores de la recarga en cada una de las cuencas del área de los convenios. Los mapas de isoyetas de escorrentía para los 12 meses en el periodo 1990 - 2000 se encuentran en los anexos del presente informe.

Tabla N° 50. Valores de escorrentía (mm) por subcuencas.

NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ariguaní	219.6	178.2	402.9	243.4	402.9	414.8	339.7	438.2	622.6	653.7	553.3	400.4
Arroyo San Antonio	47.7	33.8	188.2	76.8	188.2	150.0	123.4	149.8	190.3	311.6	271.4	183.5
Casacará	203.4	200.0	373.3	282.9	373.3	329.6	289.7	287.8	357.4	481.6	844.0	318.2
Fernambuco	343.5	342.8	506.9	398.8	506.9	438.8	369.6	384.4	445.9	525.2	456.8	417.6
Magiriaino	151.8	142.8	568.3	310.8	568.3	348.1	228.4	220.6	356.2	895.2	797.9	327.4
Río Calenturitas (Tucuy - Maracas)	84.3	86.0	258.5	182.9	258.5	220.8	210.3	210.3	283.0	388.8	1039.6	229.1
Río Sicarare	194,6	189,3	215,6	198,0	178,8	176,8	188,3	187,5	157,7	153,1	151,5	151,5
Quebrada Astrea	5.0732	2.5607	2.3555	3.2323	9.8284	10.5707	7.7376	8.8712	11.8288	15.0304	12.4111	10.0684

7.2.1 Mapas de isolneas de Escorrentía

A continuación se presenta el comportamiento de la escorrentía durante los 12 meses para el periodo 1990-2000. Los mapas de isolneas de escorrentía del 57 al 68 se encuentran en los anexos del informe y a continuación se encuentran la caracterización del comportamiento de la escorrentía para cada mes dentro del área de trabajo.

*ESCORRENTÍA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
ENERO (1990 - 2000)*

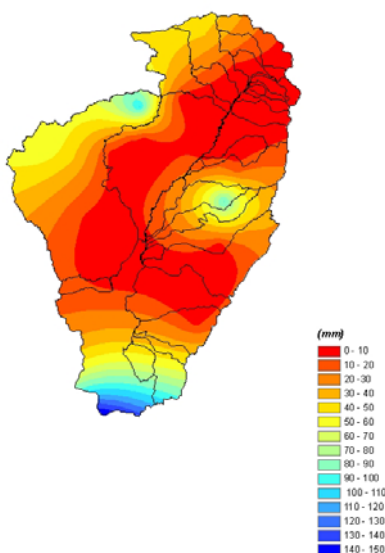


Figura 57. . Isolneas de escorrentía media mensual multianual enero.

En la figura No 57 se presenta la distribución espacial de las isolíneas de escorrentía promedio multianual para el mes de enero en el periodo (1990-2000), su estimación se hizo para cada una de las 17 subcuencas delimitadas en el área de estudio del convenio. Los valores promedios de escorrentía que se presentan en el área son de 0-30 mm, que se presentan en las cuencas del río Cesarito, Magiriaimo, Fernambuco, Ariguaní, Casacará, Sicarare y el río Badillo. De la misma forma se presentan valores que varían entre los 90 a los 120 mm, ubicados en el área aferente a la ciénega de Zapatosa y las subcuencas del río Anime Grande, Arroyo San Antonio y la Quebrada San Pedro.

**ESCORRENTÍA MEDIAMENSUAL MULTIANUAL
FEBRERO (1990 - 2000)**

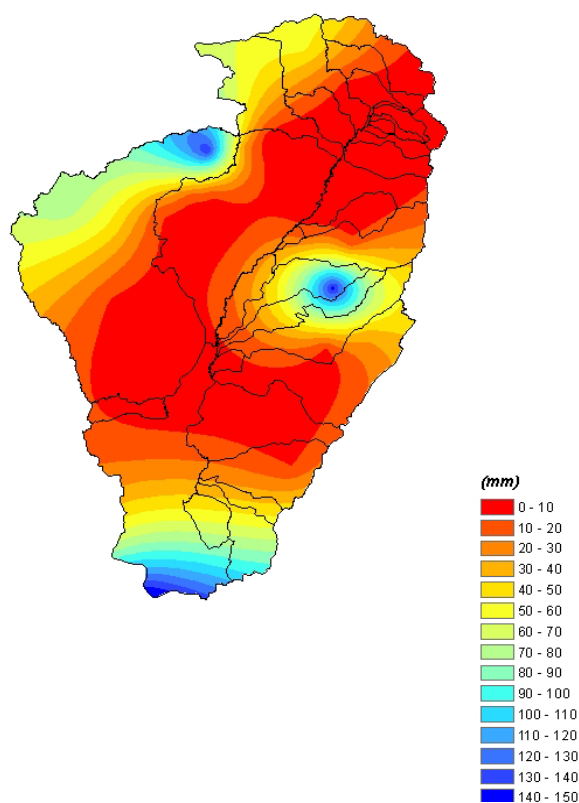


Figura 58. . Isolíneas de escorrentía media mensual multianual febrero

La distribución espacial de las isolíneas de escorrentía promedio mensual multianual para el mes de febrero (figura 58), presenta valores que se encuentran entre los 0-40 mm en la parte central del departamento,

En cercanías a las subcuencas del río Cesarito, Río Badillo, Guatapurí y Ariguaní, así mismo se presenta valores que se encuentran entre 50 a 150 mm en el área de las subcuencas de los ríos Fernambuco, Sicarare y Casacaré; de la misma forma en la parte alta de la cuenca del río Ariguaní se presentan valores de escorrentía de 90–130 aproximadamente.

**ESCORRENTÍA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
MARZO (1990 - 2000)**

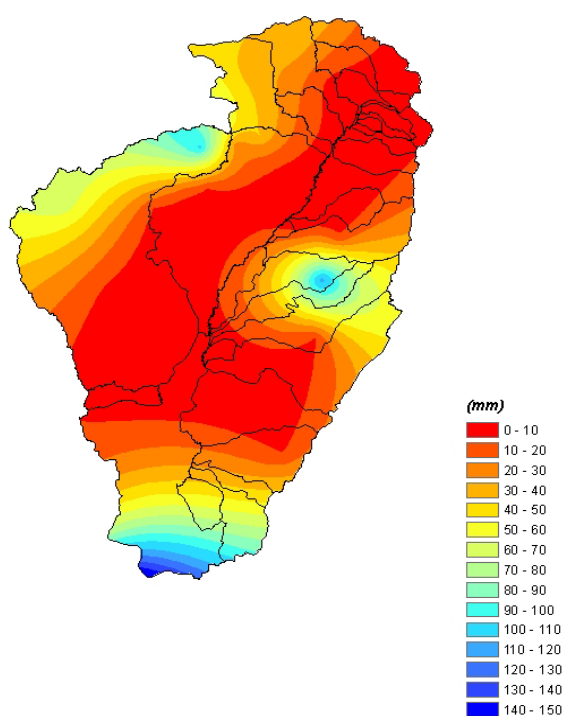


Figura 59. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual marzo

La distribución espacial de las isohietas de escorrentía promedio multianual para el mes de marzo (figura 59) en el periodo 1990-2000, se presenta valores de 80 -130 mm en las áreas aledañas a la Ciénaga de Zapatota, río Sicarare y Casacaré; y valores de los 40-80 mm en las áreas de las subcuencas de los ríos Cesarito y Guatapurí, cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta.

ESCORRENTÍA MEDIAMENSUAL MULTIANUAL
ABRIL (1990 - 2000)

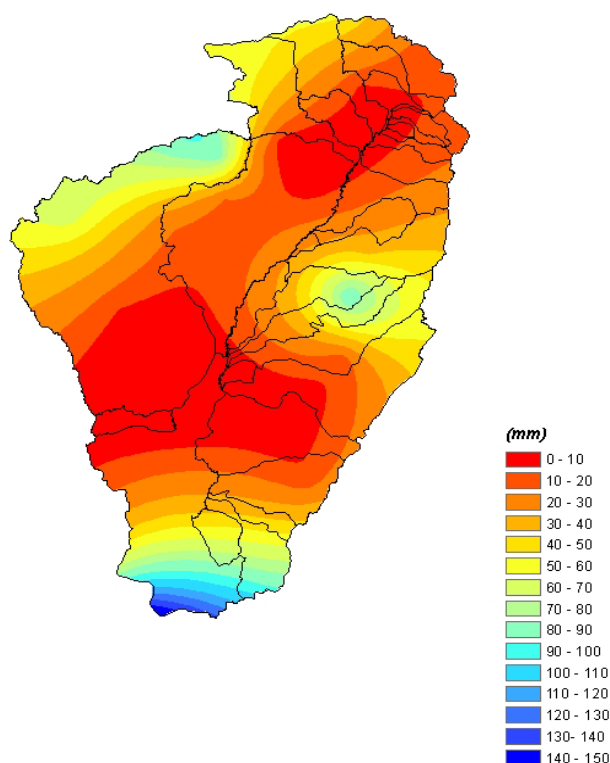


Figura 60. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual abril

La distribución espacial de isolíneas de escorrentía promedio multianual para el mes de abril (figura 60) para el periodo (1990-200), presentan valores que varían entre los 5 – 30 mm en la zona media del departamento del Cesar, específicamente las subcuencas del río Ariguaní, Cesarito y Guatapurí; Tucuy, Maracas y Quebrada San Antonio; hacia la parte alta de la Sierra Nevada de Santa Marta se presentan valores que varían entre 50 - 100 mm, desde el punto de vista regional en las subcuencas de los ríos Casacará, Fernambuco, Sicarare y Magiriainmo se presentan valores del orden de 30 a 60 mm. Los mayores valores de isolíneas de escorrentía promedio mensuales multianuales, presentan valores del orden de 5 a 150 mm, distribuyéndose hacia el sur específicamente desde los municipios de Curumaní, Pailitas, Aguachica, Gamarra, San Martín, y San Alberto en el sur del Departamento del Cesar.

ESCORRENTÍA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
MAYO (1990 - 2000)

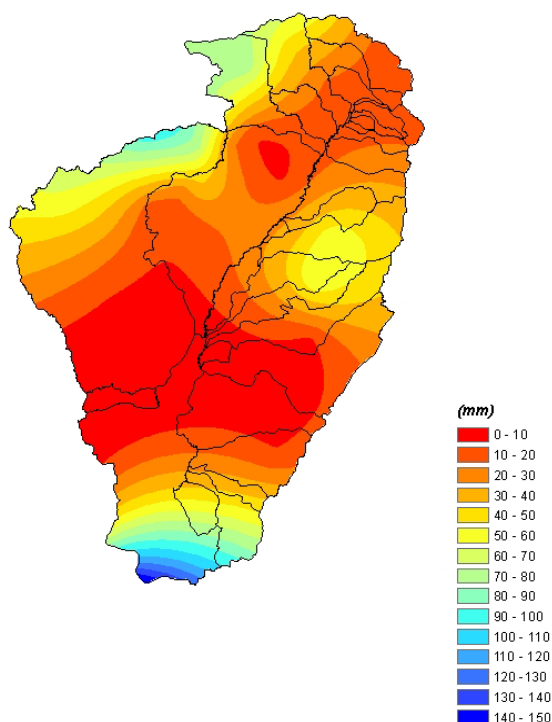


Figura 61. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual mayo

En la figura 61 se presenta una distribución espacial de isolíneas de escorrentía para el mes de mayo para el periodo (1990-200) con valores que varían entre los 5 – 70 mm en las subcuencas del río Ariguaní, Cesarito y Guatapurí; Tucuy, Maracas y Quebrada, Sicarare, Casacará y Magiriaimo; de igual forma en la parte baja en cercanías al Arrollo San Antonio y la Ciénaga de Zapatosa los valores que se presentan varían entre los 90 y 130 mm mensuales multianuales.

ESCORRENTÍA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
JUNIO (1990 - 2000)

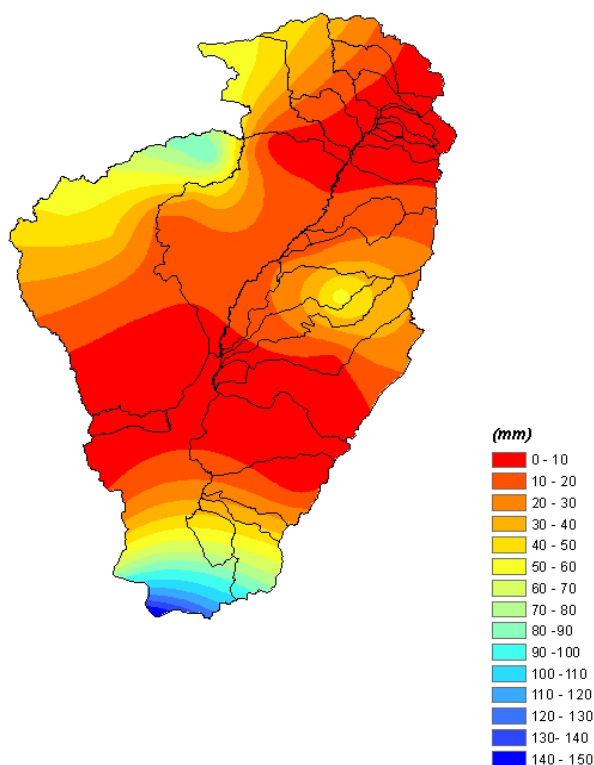


Figura 62. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual junio

El comportamiento para el mes de junio en el periodo de 1990 a 2000 (figura 62) es de valores de escorrentía que oscilan entre los 0-60 mm en estribaciones de las subcuencas de los ríos Guatapurí, Aruguani, Cesarito, en cercanías a la sierra Nevada de Santa Martha, valores de escorrentía de 60-40 mm se presentan en la parte norte de la subcuenca del río Guatapurí. Es importante resaltar que los mayores valores de escorrentía que se presentan es el área de la ciénaga de Zapatosá cerca de los municipios de Chimichagua y Chiriguaná.

ESCORRENTÍA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
JULIO (1990 - 2000)

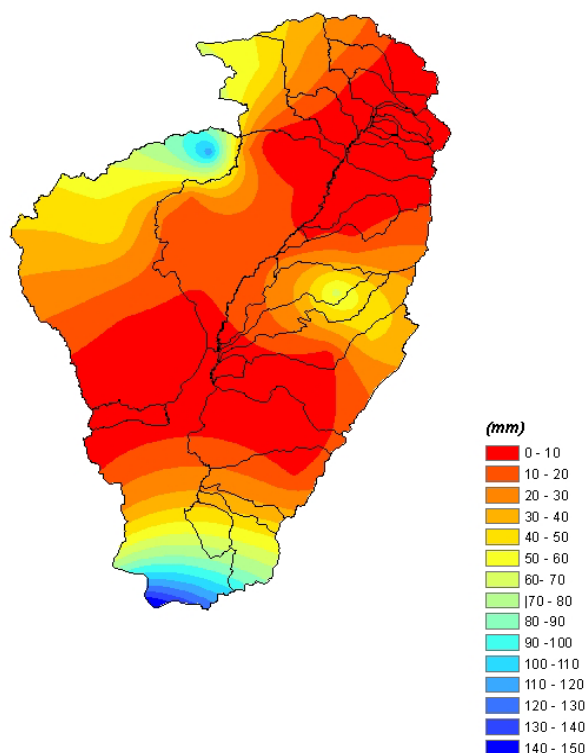


Figura 63. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual julio

Para el mes de julio los valores de escorrentía varían de 5 - 40 mm en la mayor parte del área de trabajo (figura 63), en la subcuencas de los ríos Cesarito, Ariguaní, Guatapuri, Sicarare; en las cercanía a la sierra nevada se presentan valores que varían entre los 40 los 120 mm, así mismo en la parte baja del departamento en área de los municipios de Curumaní y Chimichagua se presentan valores de escorrentía media en mm de 40 llegando hasta los 150mm para esta zona.

*ESCORRENTÍA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
AGOSTO (1990 - 2000)*

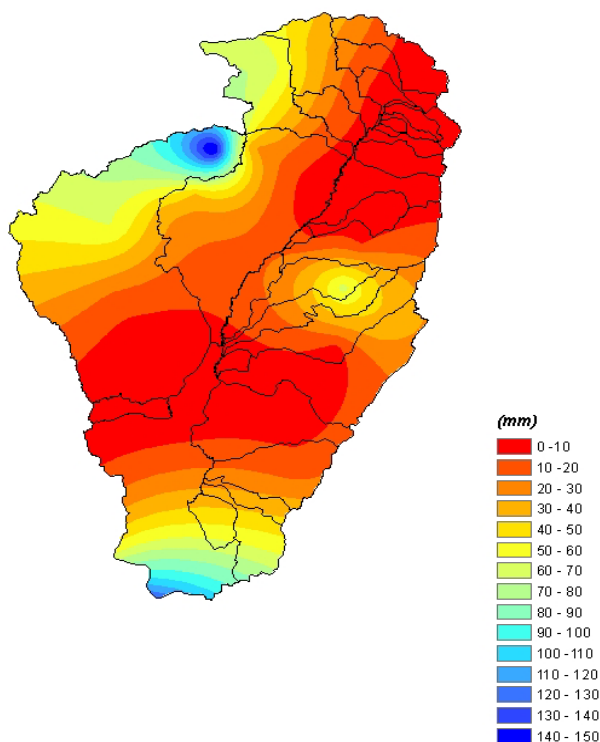


Figura 64. Isolineas de escorrentía media mensual multianual agosto

Para el mes de agosto (figura 64) se presentan valores entre los 90 a los 130 mm en la parte baja del área del presente convenio entre los municipios de Chimichagua, Chiriguaná y Curúmaní, en la zona donde se encuentra ubicada la Ciénaga de Zapatosa. (figura 63). Así mismo en el área de la subcuenca del río Ariguaní se presentan valores de 2 mm en cercanía a los municipios de Astrea y Chimichagua, hasta 150 mm de escorrentía que se presentan entre los municipios de Bosconía, El paso y El Copey, en el área de la Sierra Nevada.

*ESCORRENTÍA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
SEPTIEMBRE (1990 - 2000)*

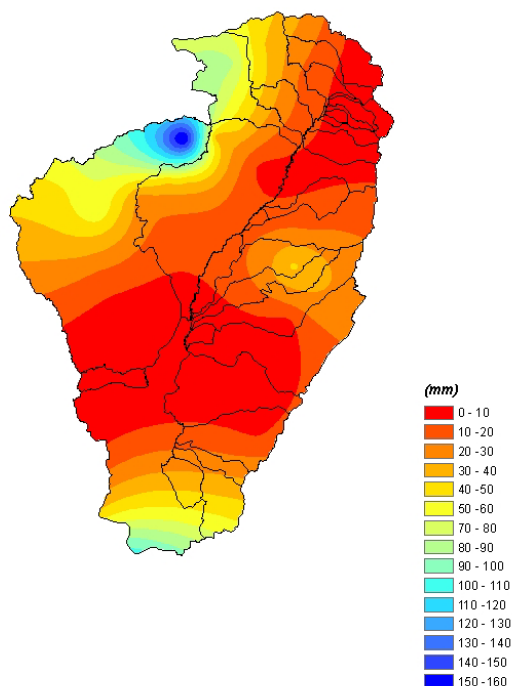


Figura 65. Isolíneas de escorrentía media mensual multianual septiembre.

Los valores de escorrentía media mensual multianual para el mes de septiembre (figura 65) varían entre los 0 – 40 mm en la parte central del departamento del Cesar dentro de las subcuencas del río Cesarito, Sicarare, Casacará, Arroyo San Antonio, Magiriaimo y Fernambuco, figura 65. También se presentan valores del orden de los 50 a los 90 mm en el área de la Ciénaga. En estribaciones de la sierra Nevada de Santa Marta en la parte alta de la subcuenca del Río Ariguaní se presentan valores del orden de 50 a 150mm.

*ESCORRENTÍA MEDIAMENSUAL MULTIANUAL
OCTUBRE (1990 - 2000)*

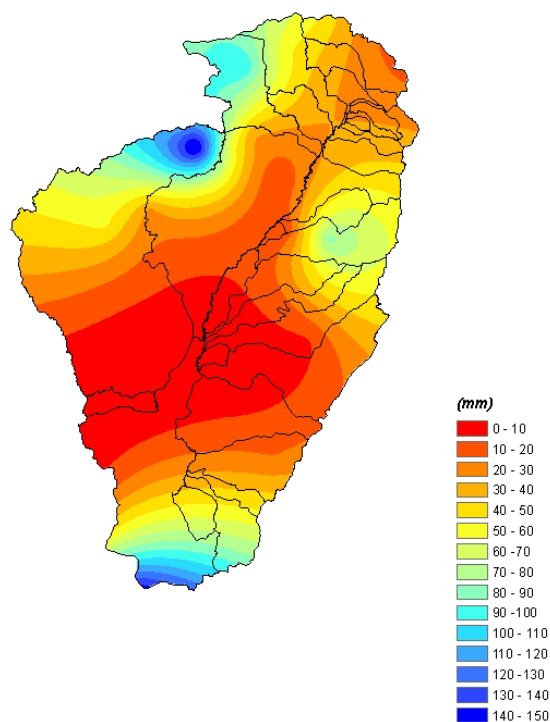


Figura 66. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual octubre.

Para el mes de octubre (figura 66) se presentan valores de escorrentía media mensual multianual en la parte alta del departamento del Cesar de 20 a 70 mm cerca de los municipios de Valledupar, La Paz y San Diego; en la cuenca del Río Guatapuri se presentan valores que varían entre los 50 a 100 mm. En las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta se tienen valores de escorrentía entre los 50 a 150mm. En la planicie se encuentran valores que oscilan entre los 0 a los 30 mm de lámina de agua.

**ESCORRENTÍA MEDIAMENSUAL MULTIANUAL
NOVIEMBRE (1990 - 2000)**

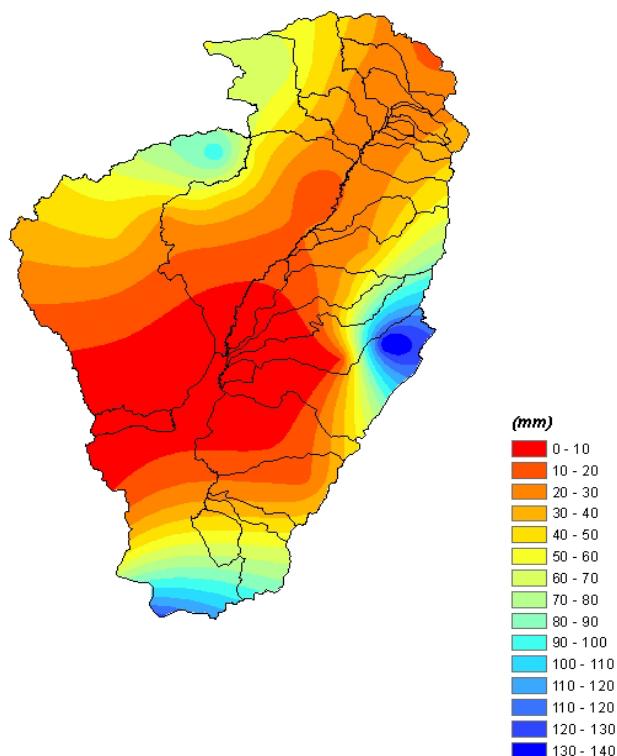


Figura 67. . Isolíneas de escorrentía media mensual multianual noviembre.

En la figura No 67 el mapa de isolíneas de escorrentía para el mes de noviembre presenta valores del orden de 0 a 40mm en la parte media del departamento del Cesar específicamente en las subcuencas del río Ariguaní, Garupal, Cesarito, Guatapurí, Arroyo San Antonio, Tucuy, Casacará; en igual se presentan isolíneas que varían del orden de 50 a 120 mm distribuidos sobre las subcuencas de los ríos Sicarare, Fernambuco y Magiriaimo, de la misma forma cerca de la sierra Nevada se tienen valores de 50 a 90 mm y en la parte de baja en el área de la Ciénaga de Zapatosa se presentan valores que oscilan entre los 90 – 130 mm de escorrentía.

**ESCORRENTÍA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
DICIEMBRE (1990 - 2000)**

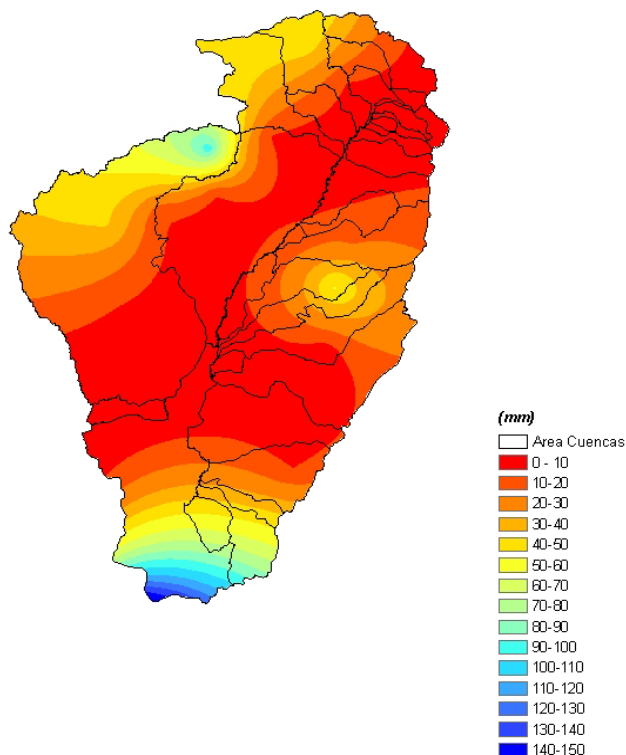


Figura 68. Izo líneas de escorrentía media mensual multianual diciembre.

Para el mes de diciembre (figura 67) la escorrentía presenta valores que varían entre los 0 a 40 mm en la parte media del departamento del Cesar, a lo largo de las subcuencas de los ríos Magiriaino, Casacará y Sicarare se presentan valores de escorrentía que oscilan entre los 30 a 60 mm. De a misma forma se presentan valores de 50 a 90 mm en el área de la subcuenca del río Ariguaní. En la parte sur del departamento se presentan valores de 60 a 120 mm, en el área de la Ciénaga de Zapatosa.

7.3 ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

El conocimiento de la variación espacial y temporal de la precipitación y su magnitud se realiza con el fin de evaluar las observaciones cuando se toman muestras de un evento de precipitación o de una serie de eventos. La evaluación de la muestra observada incluye el examen de influencias externas, como pueden ser las influencias que puedan tener los instrumentos de medición, y también se debe tener en cuenta la interpretación de los efectos del medio ambiente físico, como la fisiografía.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

El fin principal de describir este evento es conocerlo en forma apropiada de tal forma que permita su posterior análisis y aplicación.

Con el fin de conocer el comportamiento de este parámetro hidroclimatológico se utilizaron los datos de 48 estaciones climatológicas (ver tabla N° 51), las cuales se encuentran ubicadas dentro del área de estudio del presente convenio, además se utilizaron algunas estaciones de los departamentos vecinos (Bolívar, Guajira y Norte de Santander) con fin de obtener el mapa de isoyetas de precipitación con datos más confiables para cada una de las subcuencas delimitadas en el área. Con el propósito de obtener el valor (mm) de precipitación media mensual multianual de las subcuencas del área de estudio se utilizaron los datos mensuales de las estaciones seleccionadas para un periodo de 10 años (1990-2000). Estos datos fueron interpolados por el método de (kriging) en formato (*.grid) después de interpolar los datos en Surfer se guardan en formato ASCII para ser exportada al formato de Arcgis (shp) para generar los mapas de isoyetas de precipitación para cada subcuenca utilizando un programa llamado SurferToArcview. Después de la interpolación los mapas se abrieron el ArcGis con el fin de obtener los datos de precipitación media mensual multianual, después de su procesamiento se obtuvieron 12 mapas de isoyetas de precipitación media mensual multianual y para cada uno de ellos se extrajo el valor de precipitación en mm para las subcuencas del área de estudio; luego estos se utilizaron junto con los datos promedio mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración para estimar el balance hídrico de las subcuencas del área de estudio

Tabla N° 51. Estaciones Climatológicas

Código	Cat	Nombre Estación	Nombre Corriente	Nombre Departamento	Nombre Municipio
1508502	CP	Nazareth	Ay sharimahana	La guajira	Uribe
1605501	CP	Apto aguas claras	Limón	Norte Santander	Ocaña
1605504	CP	Abrego centro admo	Algodonal	Norte Santander	Abrego
2318501	CP	Villa leiva	Q Sto Gutiérrez	Santander	Sabana de torres
2320503	CO	Sta rosa d simiti	Q las mercedes	Bolívar	Santa rosa del sur
2321001	PM	Pto mosquito	Magdalena	Cesar	Gamarra
2321503	CO	Aguas claras	Buturama	Cesar	Aguachica
2502022	PM	Astrea	Q Arjona	Cesar	Astrea
2502023	PM	Jagua la	Ay jobito	Cesar	La jagua de ibirico
2502024	PM	Canal el	Ay perete	Cesar	Chimichagua
2502025	PM	Curumaní	Animito	Cesar	Curú maní
2502026	PM	Rincón hondo	Ay jobito	Cesar	Chiriguaná
2502027	PM	Saloa	Cga Zapatosa	Cesar	Chimichagua
2502028	PM	Loma la	Ay Paraluz	Cesar	El paso
2502502	CP	Monterrey forestal	Magdalena	Bolívar	Zambrano
2502525	CO	Chiriguaná	Ay jobito	Cesar	Chiriguaná
2502532	CP	Alamos los	Magdalena	Magdalena	San Sebastián de buenaví
2801002	PM	Descanso el	Guatapuri	Cesar	Valledupar

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

2801004	PM	Manaure	Manaure	Cesar	Manaure
2801007	PM	Villa marlene	Guatapurí	Cesar	Valledupar
2801009	PM	Patillal	Ay malena	Cesar	Valledupar
2801036	PM	Atanquez	Badillo	Cesar	Valledupar
2801037	PM	Paris de Francia	Guatapurí	Cesar	Valledupar
2802008	PM	Hda Las Playas	Cño Pérez	Cesar	Agustín codazzi
2802015	PM	Esperanza hda la	Pernambuco	Cesar	Valledupar
2802023	PM	Llanos los	Ay candela	Cesar	Becerril
2802041	PM	San benito	Chiriamo	Cesar	San diego
2802042	PM	San Gabriel	Cño Olaya	Cesar	Agustín Codazzi
2802044	PM	Hda Sta Teresa	Sicarare	Cesar	Agustín Codazzi
2802046	PM	De Codazzi	Pernambuco	Cesar	Agustín Codazzi
2802059	PM	Leticia	Chiriamo	Cesar	San diego
2802060	PM	Retorno el	Sicarare	Cesar	Agustín Codazzi
2802502	CO	Rincón el	Jobo	Cesar	San diego
2802507	AM	Motilonia Codazzi	Pernambuco	Cesar	Agustín Codazzi
2802508	CP	Socomba	Cño el zorro	Cesar	Becerril
2802509	CO	Hacienda Centenario	Casacará	Cesar	Agustín Codazzi
2803019	PM	Caracolí	Garupal	Cesar	Valledupar
2803501	CO	Villa rosa	Diluvio	Cesar	Valledupar
2803502	CO	Callao el	Azucarabuena	Cesar	Valledupar
2803503	SP	Apto Alfonso López	Guatapurí	Cesar	Valledupar
2803504	CO	Guaymaral	Garupal	Cesar	Valledupar
2804001	PM	Pueblo bello	Ariguaní	Cesar	Pueblo bello
2804003	PM	Bosconia	Ariguaní	Cesar	Bosconia
2804007	PM	Palmariguani	Ay mallorquín	Cesar	Bosconia
2804027	PM	Manature hda	Ay aguas lindas	Cesar	Bosconia
2804031	PM	Molino el	Ay las mulas	Cesar	El paso
2804035	PM	Paso el	Ariguaní	Cesar	El paso
2906503	CO	Prado Sevilla	Sevilla	Magdalena	Zona bananera

Luego de la estimación de los mapas de isolineas de precipitación en ArcGis se calcularon en el mismo programa los valores de precipitación de cada una de las cuencas que se encuentran dentro del área del convenio, los mapas que se obtuvieron después de hacer el procesamiento de la información y el calculo de los valores se presentan en los mapas del 13 al 24, los cuales encuentran en los anexos del presente informe. A continuación se presentan solo las características de los mapas de isolineas de precipitación para los 12 meses durante el periodo 1990 – 2000.

En la siguiente tabla 52 se presentan los valores de precipitación medios mensuales multianuales (mm) para cada una de las subcuencas delimitadas dentro del área de estudio, información que se utilizó para la estimación de la recarga de agua para cada una de las subcuencas que se delimitaron y que hacen parte del área del presente convenio.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

Tabla N° 52. Valores de Precipitación en (mm) por subcuencas.

NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ariguaní	12.6	28.4	60.6	129.7	187.3	139.6	119.0	161.2	182.2	179.7	131.8	46.6
Arroyo San Antonio	15.0	33.7	98.4	155.1	227.5	173.0	144.6	197.1	294.7	256.8	221.0	63.7
Casacará	16.9	41.4	69.3	160.8	203.6	144.3	122.7	153.6	213.6	215.3	176.9	53.0
Fernambuco	15.4	39.2	67.5	136.6	191.5	130.4	131.1	150.4	175.8	181.1	179.3	49.1
Magiriaimo	28.9	45.8	65.9	186.4	221.0	148.0	129.2	137.2	223.4	236.7	178.6	56.8
Río Calenturitas(Tucuy - Maracas)	15.1	40.0	85.0	161.8	229.4	166.1	138.7	174.6	256.2	234.1	184.4	57.6
Río Sicarare	15,1	41,6	67,0	150,1	197,3	139,2	121,3	149,4	194,1	197,9	175,6	49,6
Quebrada Astrea	7.2	26.0	81.7	132.5	166.0	110.4	96.3	144.7	190.5	175.6	151.4	33.3

7.3.1. Mapas de isocías de Precipitación

A continuación se presentan solo las características de los mapas de isocías de precipitación para los 12 meses durante el periodo 1990 – 2000. (Figura 69 a 80)

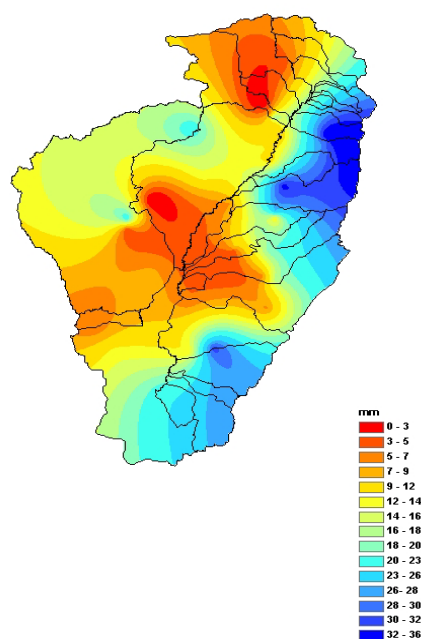


Figura 69 Mapa de Isocías de precipitación media mensual multianual enero

El comportamiento de la precipitación para el mes de enero (figura 69) en la parte alta del departamento del Cesar cerca al municipio de Valledupar se encuentran valores que varían entre los 0 – 7 mm, entre las subcuencas del río Guatapuri, Arroyo Pajarito y el río Badillo. Hacia la parte oriente del departamento en la subcuencas de los ríos Magiriaimo, Fernambuco, Sicarare, Casacará y Calenturitas se presentan valores que varían entre los 7 a 30 mm anuales de precipitación; en la parte plana del departamento se tiene valores para el mes de enero que oscilan entre los 6 – 23 mm mensuales.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

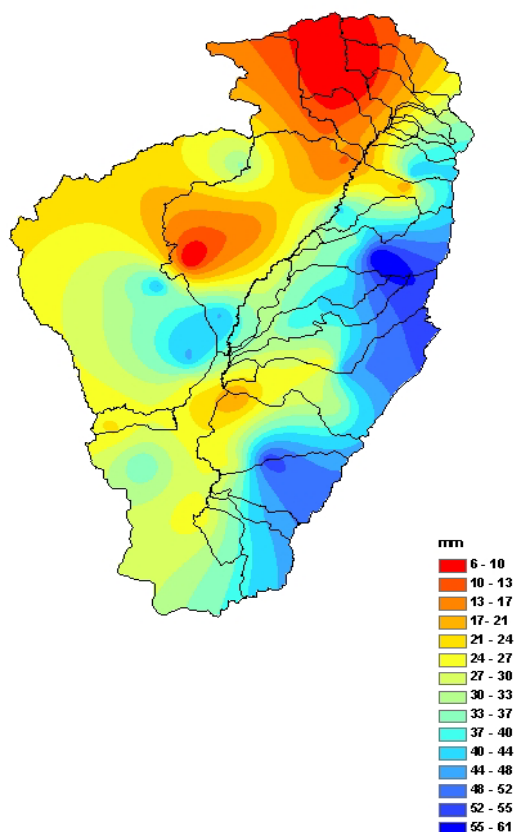


Figura 70 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual febrero

El comportamiento de la precipitación para el mes de febrero (figura 70) en cercanía a la Sierra Nevada de Santa Martha y en la parte media del departamento se encuentra entre los 6 a 21 mm en las subcuencas de los ríos Guatapuri, Badillo y a parte alta del río Cesarito, más hacia el sur del departamento encontramos valores que varían entre los 21 – 48 mm en las cuencas de los ríos Cesarito, Ariguaní y la ciénaga de Zapatosa. Así mismo encontramos que en la subcuencas de los ríos Sicarare, Magiriaimo, Fernambuco se presentan valores que varían entre los 37 a 66 mm para este mes.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

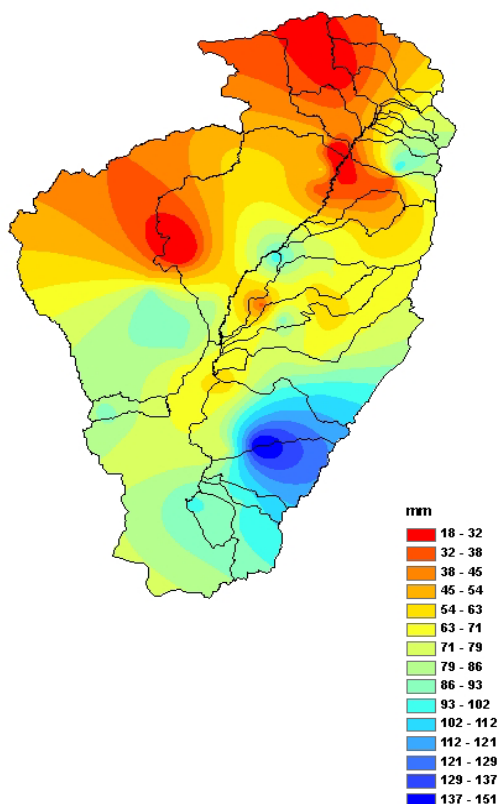


Figura 71 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual marzo

Para el mes de marzo (figura 71) se presentan valores entre los 18 – 102 mm en la mayor parte del departamento en cercanía a los municipios de Bosconia, El paso, El Copey, Valledupar, Astrea, San Diego y Agustín Codazzi; en las subcuencas de los ríos Cesarito, Ariguaní, Guatapuri, Magiriaimo y Fernambuco. De la misma forma encontramos valores en el área de los municipios de Becerril, Jagua de Ibirico y Chimichagua valores que oscilan entre los 102 – 137mm mensuales multianuales.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

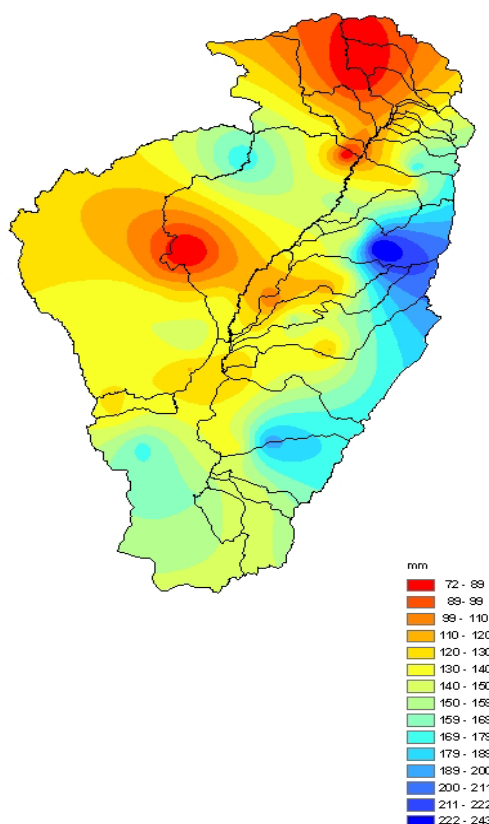


Figura 72 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual abril.

Los valores de precipitación media mensual para el mes de abril (figura 72) es de 72 a 120 mm en la parte alta de departamento del Cesar en las subcuencas de los ríos Guatapuri y Badillo dentro de los municipios de Valledupar, el copey y Bosconia. Así mismo en el área de las subcuencas del los ríos Cesarito, Ariguaní, Sicarare y Fernambuco se presentan valores que se encuentran 120 a 189 mm entre los municipios de La Paz, San Diego y Agustín Codazzi. Hacia los municipios de Becerril, la Jagua de Ibérico y Chimichagua con valores que varían entre los 169 a 211mm mensual multianual.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECTORREIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

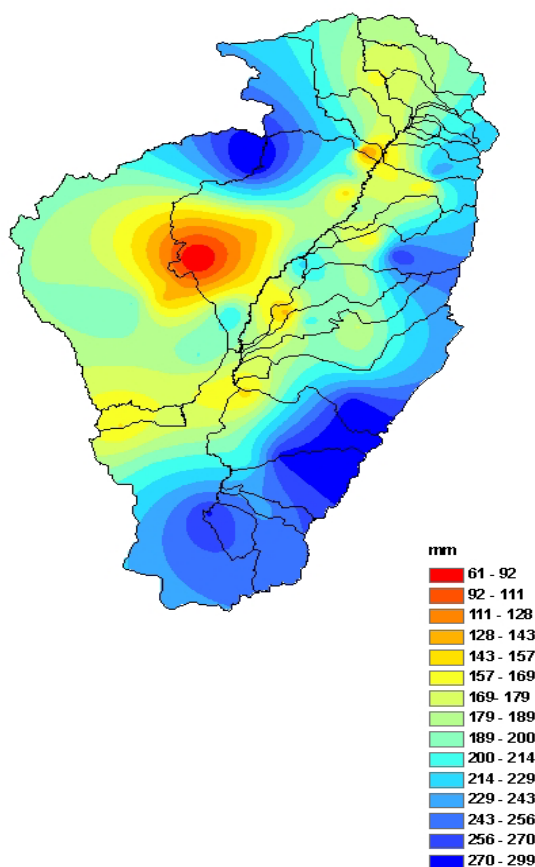


Figura 73 Mapa de Isolneas de precipitación media mensual multianual mayo

Para el mes de mayo (figura 73) se presentan valores entre los 157 a 270 mm multianuales en la mayor parte del área de convenio en los municipios de Valledupar, El Copey, La Paz, San diego, Agustín Codazzi, La jagua de Ibirico, Chiriguaná y Chimichagua. De la misma forma en el área de los municipios de Bosconia, El Paso y Astrea, en las cuencas de los ríos Cesarito, Ariguaní y Arroyo San Antonio allí se encuentran valores entre los 92 a 152 mm mensuales multianuales.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

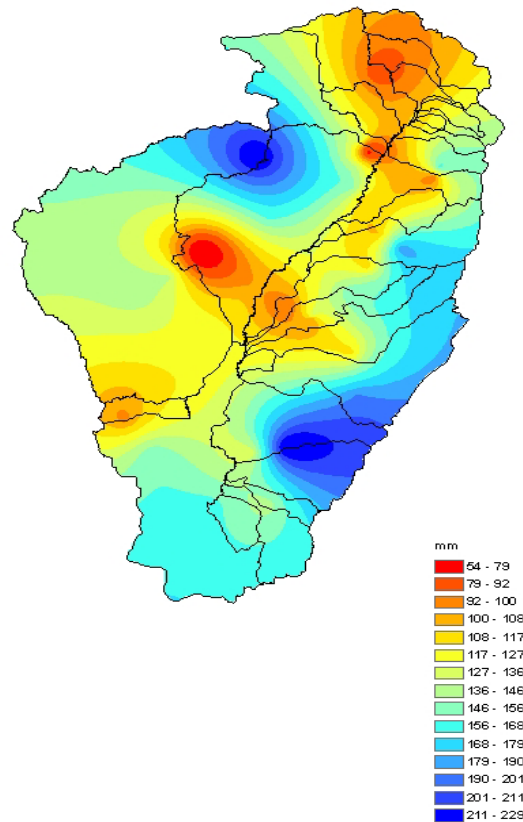


Figura 74 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual junio

El comportamiento de la precipitación media mensual multianual en junio (figura 74) es variable, en algunos lugares como son Valledupar, La paz y San Diego, El Paso y Bosconia, se presentan valores que oscilan entre los 79 a 136 mm anuales, dentro de las subcuencas de los ríos Ariguaní, Cesarito, Badillo, Mocho, Magiriaimo, Fernanbuco y Guatapuri.

Así mismo en la Sierra Nevada de santa Marta y en Cercanías a la Serranía del Perijá se presentan valores entre los 146 a 201 mm multianuales de precipitación sobre las subcuencas de los ríos Fernanbuco, Sicarare, Casacará, Arroyo San Antonio y la parte alta del río Ariguaní.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

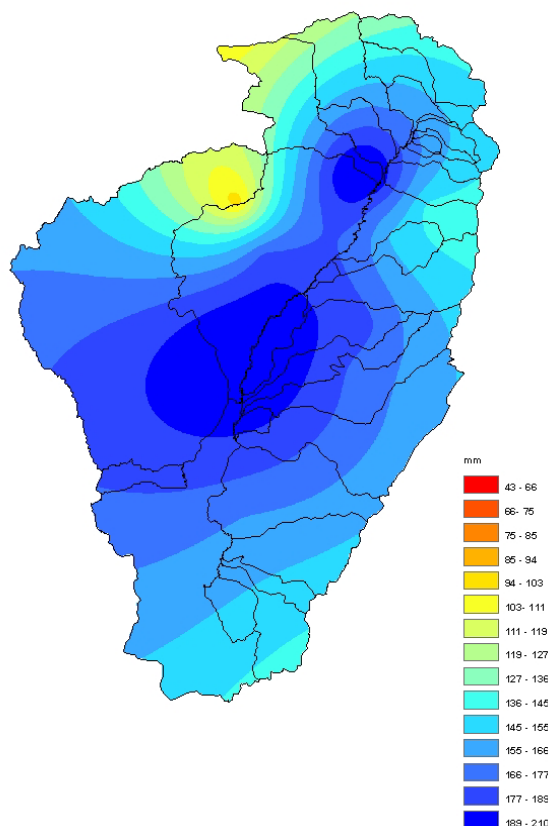


Figura 75 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual julio

Para el mes julio (figura 75) la precipitación presenta valores que varían entre los 136 a 210 mm mensuales multianuales en la mayor parte del área de trabajo, en las subcuencas de los ríos Cesarito, Ariguaní, Mocho o Chiriaiimo, Magiriaiimo, Fernambuco, Sicarare, Casacarà y cerca de la Ciénaga de Zapatosa. Así mismo se presentan valores que varían entre los 94 – 127 mm, entre los municipios de El copey, Bosconia y una parte de Valledupar, dentro del área de las cuencas Guatapuri, Badillo y la parte alta del río Cesarito.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

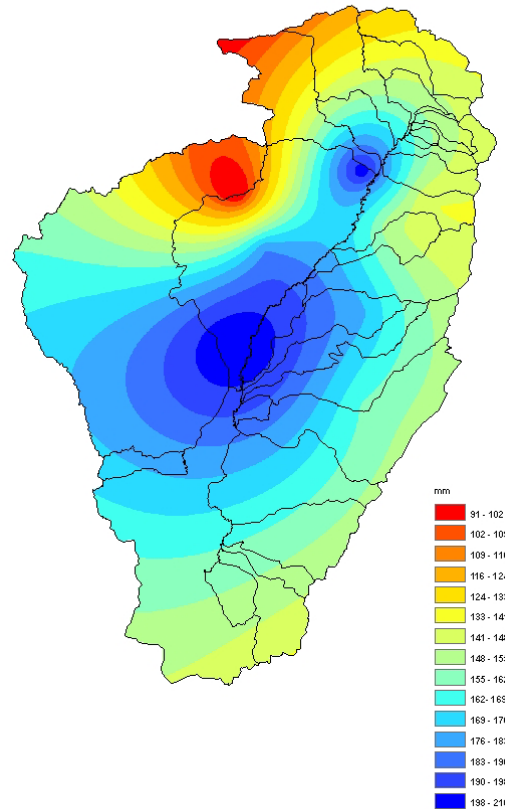


Figura 76 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual agosto

El comportamiento de la precipitación en el mes de agosto (figura 76) presenta valores entre los 169 a 180 mm en la parte central del departamento del Cesar, en parte de las subcuencas de los ríos Ariguaní, Cesarito Magiriaino, Fernambuco, Sicarare y Casacará. En la parte de la sierra Nevada de Santa Marta y en los municipios de Valledupar y Bosconia se presentan valores de precipitación que varían entre los 91 a los 124 mm mensuales multianuales.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

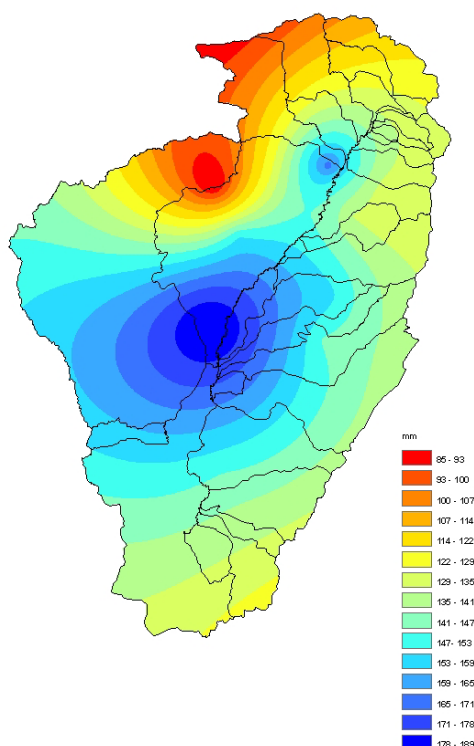


Figura 77 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual septiembre

El comportamiento de la precipitación media mensual multianual para el mes de septiembre (figura 77) varía entre 95 a 122 mm en el área de los municipios de Valledupar y el copey, en las cuencas de los ríos Guatapuri, parte alta del río Ariguaní cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta. En el centro del departamento del Cesar se presentan valores que varían entre los 122 a 178 mm de precipitación mensual multianual, en las cuencas de los ríos Cesarito, Magiriaino, Fernambuco, Sicarare, Casacará y Arroyo San Antonio.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

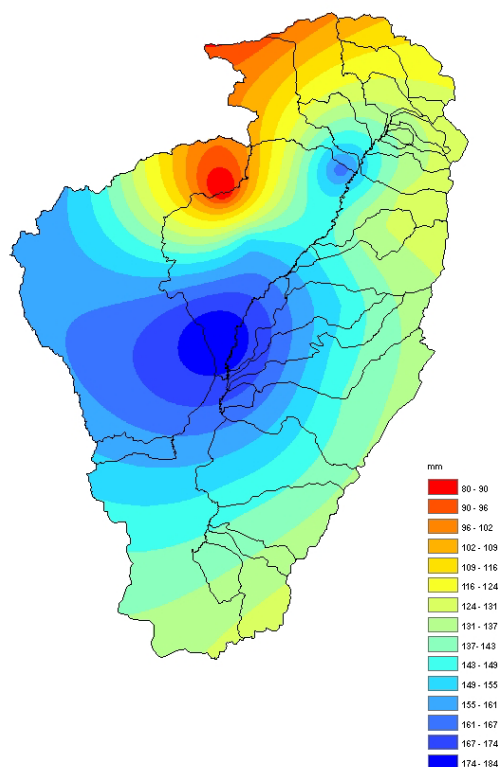


Figura 78 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual octubre

Para el mes de Octubre (figura 78) se presenta una distribución espacial de precipitación con valores que varían entre los 80 a 184 mm, en el área de las subcuencas de los ríos Ariguaní, Cesarito, Badillo, Mocho, Magiriaimo, Fernambuco se presentan valores que varían entre los 124 a 174 mm. En el área de Valledupar se presentan valores entre los 90 a 116mm, en el área de las cuencas de los ríos Guatapuri y Badillo.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

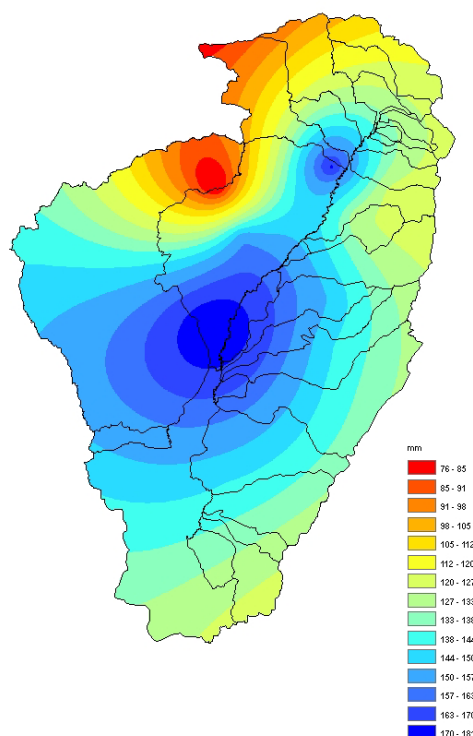


Figura 79 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual noviembre.

El comportamiento de los valores de precipitación para el mes de Noviembre (figura 79) en el periodo 1990 – 2000 es de 76 a 181 mm anuales. En el área de la Ciénaga de Zapatosa y cerca de las cuencas de los ríos Ariguaní, Cesarito, Arroyo San Antonio, Casacará, Sicarare, Fernambuco, Magiriaimo y el río Mocho o Chiriaimo presenta valores de 112 a 170mm de precipitación. En la Sierra nevada y en la subcuencas de los ríos Guatapuri y Badillo se presentan valores de precipitación que varían entre los 85 a 127mm promedio mensual multianual.

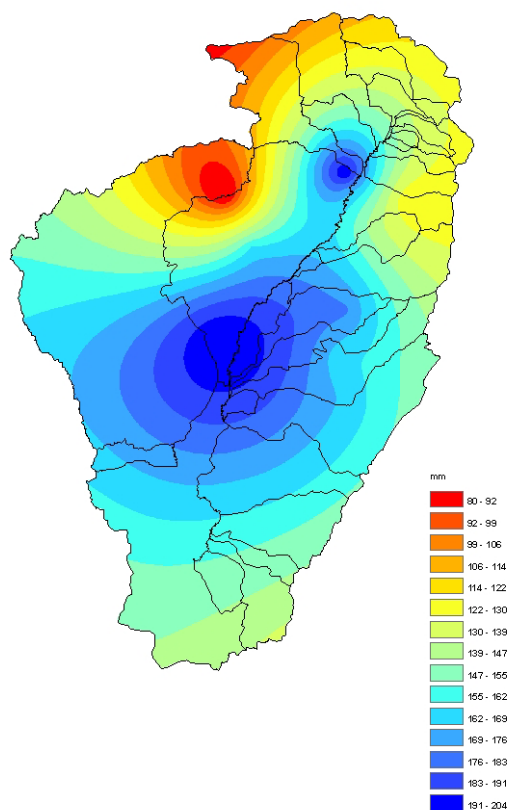


Figura 80. Mapa de Isolíneas de precipitación media mensual multianual diciembre

Para el mes de diciembre (figura 80)se presentan valores que oscilan entre los 80 a 130 mm en el área cercana a la Sierra Nevada de Santa Marta y los municipios de El Copey, Bosconía y El Paso. Así mismo en los municipios de Becerril, El Paso, La Jagua de Ibérico, Agustín Codazzi y parte del municipio de Valledupar se presentan valores de precipitación que varían entre los 130 a 191mm promedio mensual multianual, estos valores se concentran en su mayor parte en el área de las subcuencas de los ríos Cesarito y Ariguaní.

7.4. ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP)

Para estimar los valores de cada una de las cuencas hidrográficas delimitadas con anterioridad para el área de estudio, fue necesario tomar los datos medios mensuales multianuales obtenidos después de haber realizó el análisis de la información y determinar que los métodos de calculo de evapotranspiración que se ajustan al comportamiento y calidad de datos de las estaciones de la zona son Thornthwaite y García – López, (Tabla 53).

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

Los resultados se interpolaron en Surfer para obtener las grillas que fueron utilizadas mas adelante en el software ArcGis en el cual se proceso la información de cada uno de los meses para un periodo de tiempo de 10 años (1900-2000) con el fin de estimar el valor medio mensual multianual para cada una de las 11 subcuencas.

Para el calculo de la evapotranspiración mensual multianual se trabajaron las fórmulas de, J.E Christiansen, J.B García y J.D López, G. Hargreaves, H.L Penman, C.W Thornthwaite y L. Turc, con los parámetros de brillo solar mensual multianual (horas), humedad relativa media multianual mensual (%), temperatura media multianual mensual (°C), tensión de vapor media multianual mensual (Mb) y velocidad del viento media multianual mensual (m/s). Para efectos de seleccionar los mejores métodos que siguiera el comportamiento de la evaporación se utilizaron los criterios estadísticos como el Índice Estacional (I.E.), Coeficiente de Correlación (r), Relación Porcentual ETP/EV y el Método Gráfico. Las formulas empíricas de Thornthwaite y García – López se adaptan de acuerdo a los criterios anteriores a reflejar el comportamiento de la evapotranspiración en las subcuencas involucradas en el área de estudio. (Tabla 54 y 55).

Tabla N° 53 Estaciones utilizadas para el cálculo de evapotranspiración

Estación	Código	Longitud	Latitud	Tipo	Corriente	Depart	Municipio
El Rincón	2802502	1100162.97	1626952.92	CO	Jobo	Cesar	San Diego
Motilina-Codazzi	2802507	1091107.82	1597429.2	AM	Pernambuco	Cesar	Codazzi
Socomba	2802508	1091185.64	1566087.1	CP	Caño El Zorro	Cesar	Becerril
Hda. Centenario	2802509	1089320.89	1580831.77	CO	Casacará	Cesar	Codazzi
Villa Rosa	2803501	1058176.51	1619484.17	CO	Diluvio	Cesar	Valledupar
El Callao	2803502	1092824.39	1639838.88	CO	Azucarbuena	Cesar	Valledupar
Apto. Alfonso López	2803503	1090984.5	1645365.21	SP	Guatapurí	Cesar	Valledupar
Guaymaral	2803504	1047262.1	1586284.16	CO	Garupal	Cesar	Valledupar
Pueblo Bello	2804501	1049019.15	1637906.06	CO	Ariguaní	Cesar	Valledupar
Chiriguaná	2502525	1052826.46	1529142.92	CO	Ay. Jobito	Cesar	Chiriguaná
San José de Oriente	2802504	1112916.22	1636210.6	CO	Chiriamo	Cesar	La Paz
Aguas Claras	2321503	1051151.34	1403187.9	CO	Buturama	Cesar	Aguachica
Abrego	1605504	1093428.29	1385422.34	CP	Algodonal	Cesar	Abrego
Apto. Aguas Claras	1605501	1078684.39	1411202.35	CP	Limón	Norte de Santander	Ocaña
Monterrey Forest	2502502	917433.608	1567910.61	CP	Magdalena	Bolívar	Brano
Los Alamos	2502532	977760.38	1519896.05	CP	Magdalena	Magdalena	San Sebastián
Nazareth	1508502	1304579.98	1840398.23	CP	Ay. Sharimaha	La Guajira	Uribia
Prado Sevilla	2906503	990620.92	1682118.11	CO	Sevilla	Magdalena	Zona

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

							Bananera
San Lorenzo	1501506	1003377.6	1720832.46	CP	Piedra	Magdalena	Santa Marta
Santa Rosa de Simití	2320503	1001571.15	1372422.18	CP	Las Mercedes	Bolívar	Santa Rosa del Sur
Villa Leyva	2318501	1058608.89	1315316.33	CP	Q. Stos. Gutiérrez	Santander	Sabana de Torres

Tabla N° 54. Valores de evapotranspiración método de García López

NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ariguaní	172.3	161.5	185.9	171.4	161.2	157.4	167.8	164.0	148.2	152.0	141.9	155.8
Arroyo San Antonio	187.2	174.2	189.1	170.0	161.2	155.1	170.1	169.5	150.7	149.6	147.2	168.9
Casacará	189.7	176.6	195.9	176.0	163.4	160.0	172.8	169.2	150.1	147.6	145.8	166.7
Fernambuco	211.3	197.5	218.0	194.3	176.6	172.4	185.0	182.7	159.6	155.3	154.9	178.5
Magiriamo	173.9	165.5	187.4	167.6	153.3	151.2	160.9	158.7	142.1	138.3	136.0	151.5
Río Calenturitas (Tucuy- Maracas)	187.1	171.9	187.5	169.2	158.7	155.0	168.5	163.6	147.5	144.5	142.7	164.8
Río Sicarare	200.75	187.6	208.1	186.7	172.3	168.28	181.090	178.76	156.90	153.89	152.51	174.6
Quebrada Astrea	187.856	181.735	206.616	193.562	184.937	178.874	195.154	191.045	165.605	163.839	157.043	157.043

Tabla 55. Valores de evapotranspiración método de Thornwaite

NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ariguaní	171.2	162.5	187.4	179.1	170.3	165.6	174.7	170.1	149.0	146.8	141.6	141.6
Arroyo San Antonio	177.9	172.6	193.7	178.9	170.9	165.4	179.9	179.4	157.4	154.9	150.9	150.9
Casacará	176.6	171.6	197.8	182.2	168.0	165.9	175.8	174.8	149.7	145.5	143.6	143.6
Fernambuco	208.5	203.9	229.9	209.4	183.8	181.7	195.0	193.3	160.9	155.0	154.6	154.6
Magiriamo	157.8	155.4	181.1	166.9	149.2	149.0	157.4	156.4	135.6	129.7	127.4	127.4
Río Calenturitas (Tucuy - Maracas)	170.9	164.8	188.0	174.1	163.9	159.9	170.6	168.3	148.6	143.6	141.7	141.7
Río Sicarare	194,6	189,3	215,6	198,0	178,8	176,8	188,3	187,5	157,7	153,1	151,5	151,5
Quebrada Astrea	187.85	181.7	206.6	193.5	184.9	178.87	195.1	191.0	165.60	163.83	157.04	157.04

7.4.1 Mapas de Isolíneas de Evapotranspiración

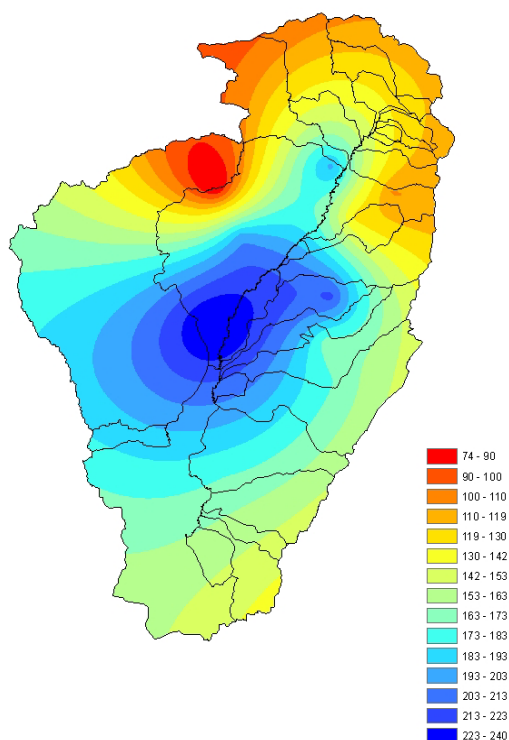


Figura 81. Isótopos de Evapotranspiración método de Thornthwaite enero

El comportamiento de este parámetro para el mes de enero (figura 81) en el la cuenca de los ríos Guatapuri y Badillo es de 74 a 130 partiendo del norte hacia el sur del departamento entre los municipios de Valledupar y Astrea. También se presentan valores que varían entre 153 a 223 en el área de las cuencas de los ríos Ariguaní, Cesarito, Sicarare, Fernambuco, Mocho o Chiriamo y Arrollo San Antonio en la parte baja de departamento en la zona de la Ciénaga de Zapatosa.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

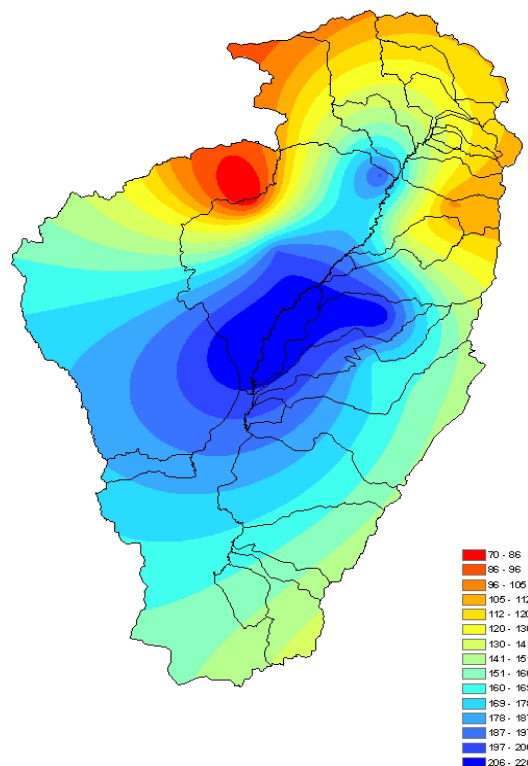


Figura 82. Isohías de Evapotranspiración método de Thornthwaite febrero

El comportamiento de la ETP para el mes de febrero (figura 82) en las subcuencas de los ríos Cesarito y Ariguaní presenta valores que varían entre los 173 a 223 mm sobre el río Cesar entre los municipios de Bosconia y El Paso. Hacia el norte del departamento en la subcuencas de los ríos Guatapuri, Badillo, San Francisco y la parte alta de la subcuenca del río Ariguaní se encuentran valores de ETP entre 74 a 142 mm promedio mensual multianual. De la misma forma se encuentran valores entre los 130 a 173 mm en el área de la Ciénaga de Zapatosa entre los municipios de Chimichagua, Astrea y Cururumaní.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

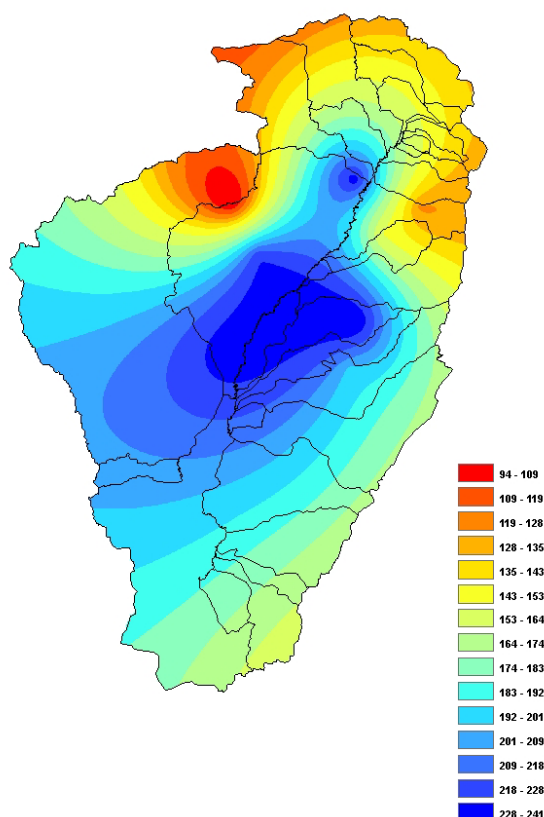


Figura 83. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite marzo

En el mes de marzo (figura 83) se encuentran valores que varían entre los 160 – 206 mm en los municipios de El Paso, Chimichagua, La jagua de Ibérico, Becerril y Bosconia, dentro de las subcuencas de los ríos Fernambuco, Sicarare, Casacará, Calenturitas y Arroyo San Antonio. Hacia la zona de la sierra Nevada de Santa Marta y Valledupar se presentan valores que varían entre los 70 – 120 mm medios mensuales multianuales.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

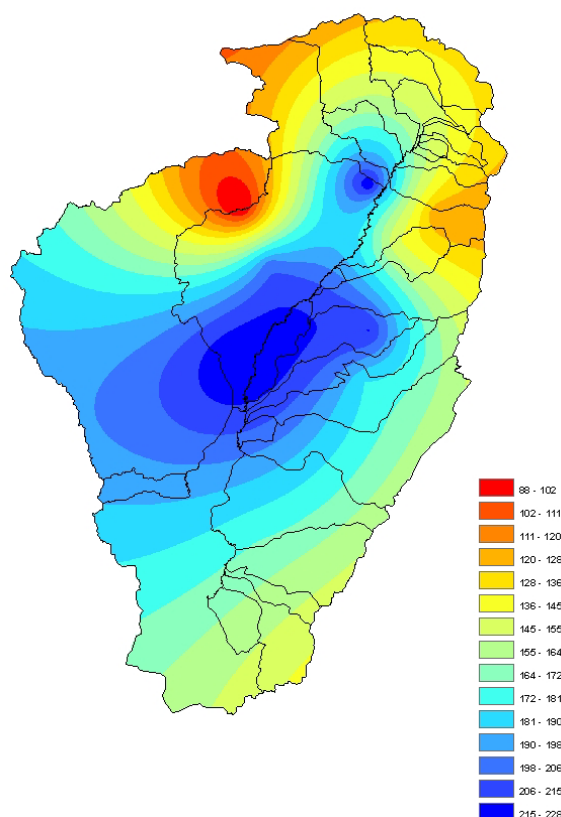


Figura 84. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite abril

La distribución espacial de las isolíneas de ETP promedio mensual multianual para el mes de Abril (figura 84), presenta valores que se encuentran entre los 111 a 128 mm en el área de las subcuencas de los ríos Guatapuri, Badillo, Mocho y San Francisco, así mismo se presenta valores que se encuentran entre 155 a 206 mm en el área de las subcuencas de los ríos Fernambuco, Sicarare, Cesarito, Ariguaní y Casacará.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

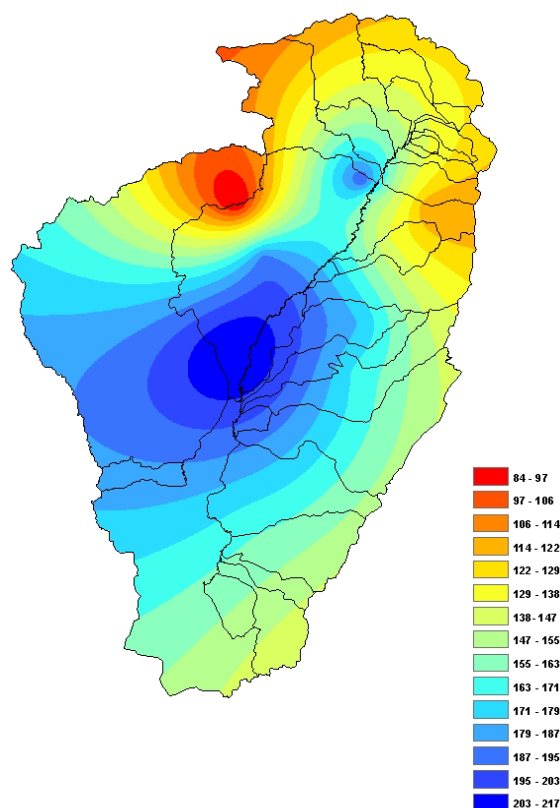


Figura 85. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite mayo

Para el mes de mayo (figura 85) la distribución espacial de ETP media mensual multianual presenta valores que varían entre los 97 a 147 mm en la zona de los municipios de Valledupar y el Copey, entre las cuencas de los ríos Guatapurí, Badillo, Cesarito y Ariguaní. Así mismo se encuentran zonas en las cuales se presentan valores entre los 163 a 195 mm en la parte central del departamento entre los municipios de Bosconia, el Paso, La Jagua de Ibirico y también se encuentra la Ciénaga de Zapatoza.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

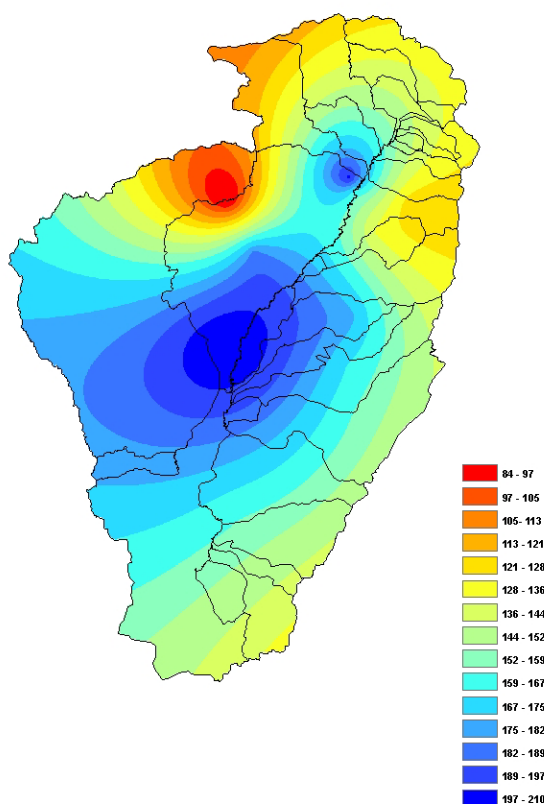


Figura 86. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Junio

Para el mes de Junio (figura 86) la distribución espacial de ETP media mensual multianual presenta valores que varían entre los 97 a 128 mm en la zona de los municipios de Valledupar y el Copey, entre las cuencas de los ríos Guatapuri, Badillo, Cesarito y Ariguaní. Así mismo se encuentran zonas en las cuales se presentan valores entre los 152 a 197 mm en la parte central del departamento y el área de la Ciénaga de Zapatosa entre los municipios de Bosconia, el Paso y La Jagua de Ibirico.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

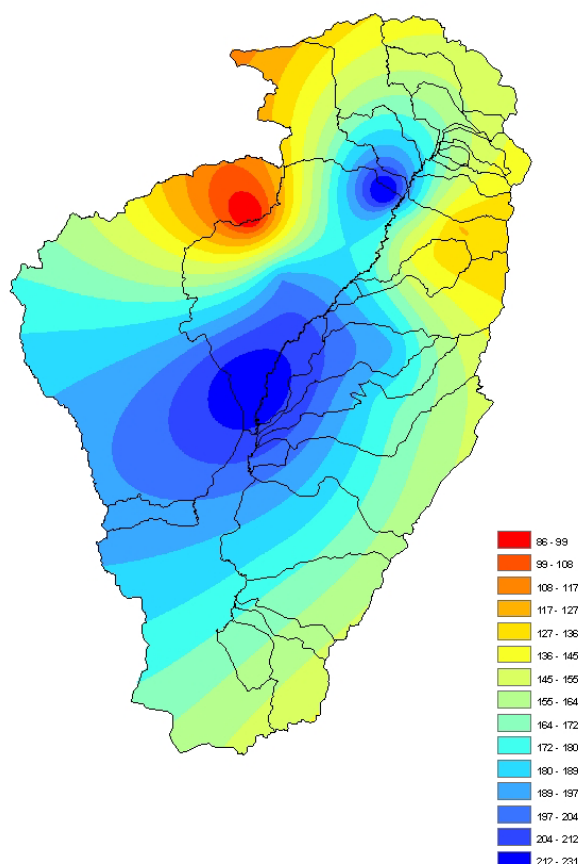


Figura 87. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Julio

El comportamiento de la ETP media mensual multianual para el mes de Julio (figura 87) en las subcuencas de los ríos Guatapuri, parte alta del río Cesarito, río Mocho, Jobo, Magiriaino, Fernambuco, Sicarare, Casacará y Calenturitas presentan valores que varían entre los 99 a 155 mm anuales. En la parte central del departamento entre los municipios de El Paso, Bosconia, la Jagua de Ibirico presenta valores que oscilan entre 164 a 204 mm mensuales multianuales.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

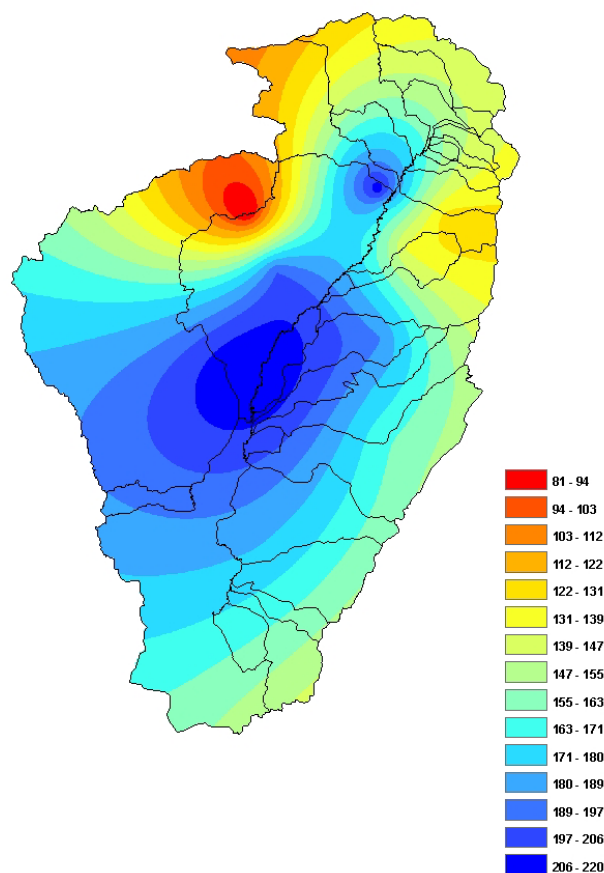


Figura 88. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite agosto

El comportamiento de la ETP media mensual multianual para el mes de agosto (figura 88) en las subcuencas de los ríos Guatapuri, parte alta del río Cesarito, río Mocho, Jobo, Magiriaino, Fernambuco, Sicarare, Casacará y Calenturitas, cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta se presentan valores que varían entre los 103 a 139 mm anuales. En la parte central del departamento entre los municipios de El Paso, Bosconia, la Jagua de Ibirico presenta valores que oscilan entre 163 a 197 mm mensuales multianuales.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

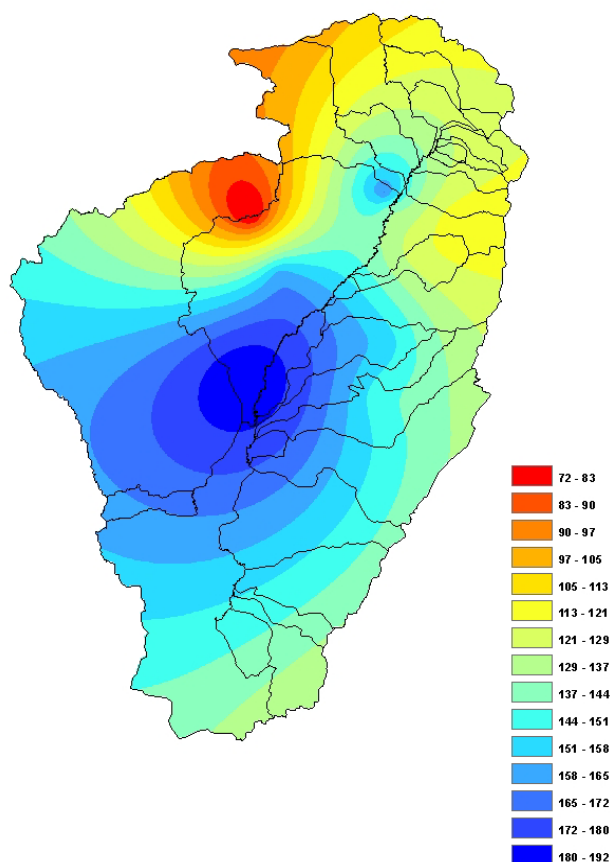


Figura 89. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite septiembre

La distribución espacial de la ETP para el mes de septiembre (figura 89) en la parte alta de las subcuencas de los ríos Cesarito y Ariguaní presenta valores que varían entre los 96 a 129 mm sobre el río Cesar entre los municipios de Bosconia y El Paso. Hacia el norte del departamento en la subcuencas de los ríos Guatapuri, Badillo, San Francisco y en la margen derecha del río Cesar se presentan valores de ETP entre 113 a 144 mm promedio mensual multianual. En los municipios de El Paso, Bosconia y la Ciénaga de Zapatosa se presentan valores que varían entre los 151 a 172 mm.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

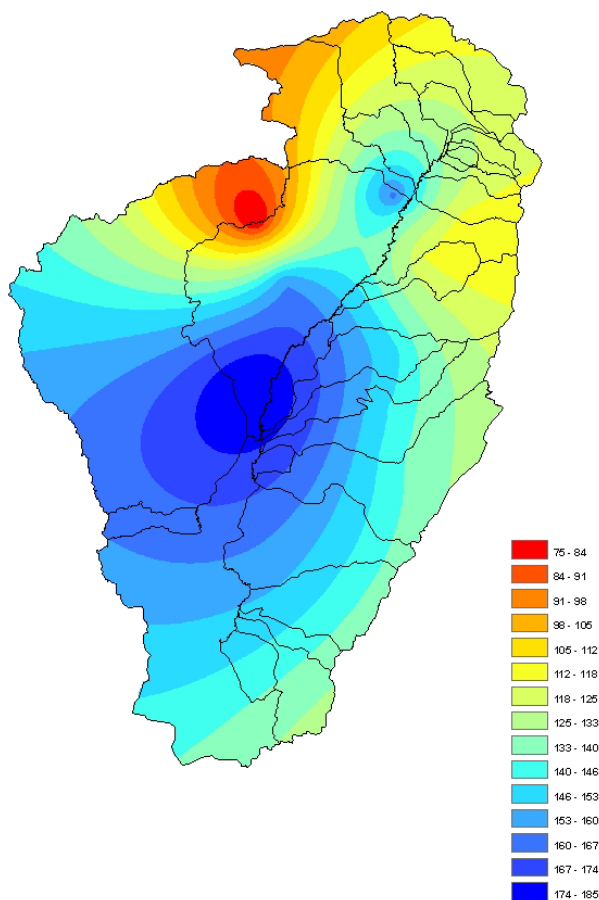


Figura 90. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite octubre

Para el mes de Octubre (figura 90) se presentan valores de ETP media mensual multianual que varían entre los 140 a 167 mm en las subcuencas de los ríos Cesarito y Ariguaní en el área de la Ciénaga de Zapatosa. Entre los municipios de Becerril, Agustín Codazzi, San Diego, La Paz y Valledupar se presentan valores entre los 84 a 125 mm.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

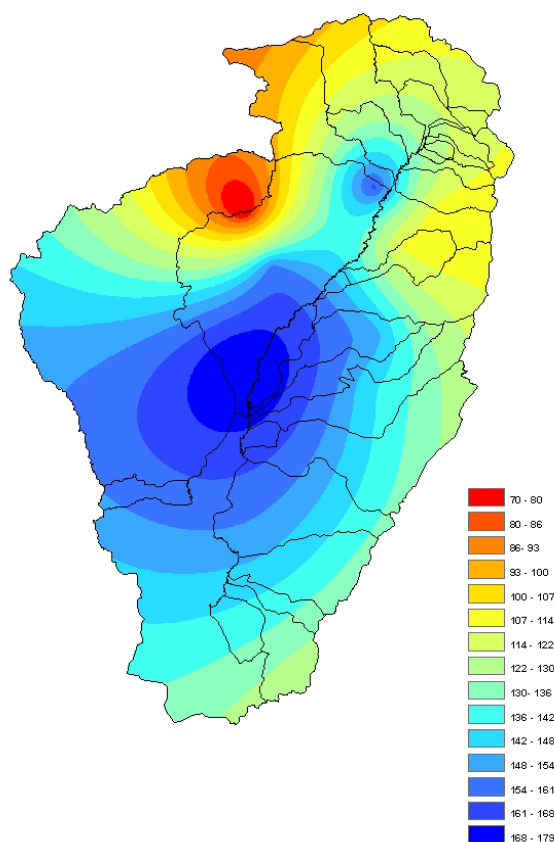


Figura 91. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite noviembre

El comportamiento del promedio mensual multianual de ETP para el mes de noviembre (figura 91) presenta en Valledupar, La Paz y El Copey valores que varían entre los 80 a los 122 mm en el área de las cuencas de los ríos Guatapuri, Badillo y San Francisco. Así mismo en el área de las subcuencas de los ríos Ariguaní, Cesarito Sicarare, Fernambuco, Magiriaimo y Mocho se encuentran valores que oscilan entre los 107 a 161 mm.

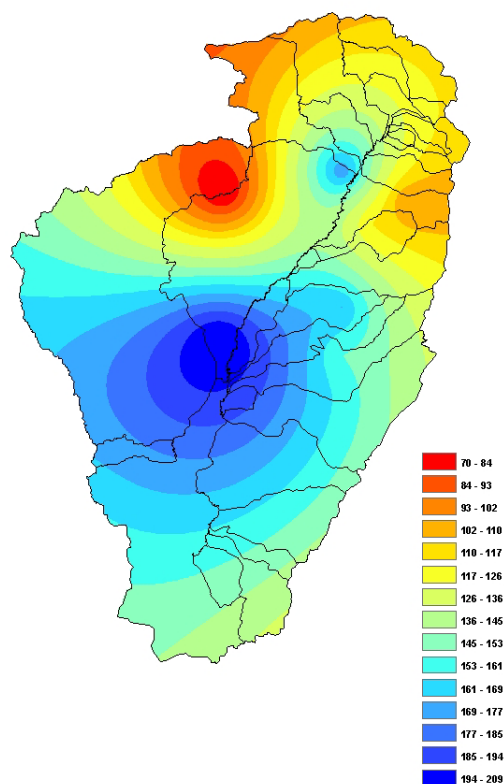


Figura 92. Isolíneas de Evapotranspiración método de Thornthwaite diciembre

La distribución espacial de la ETP para diciembre (figura 92) presenta en la parte norte del departamento entre los municipios de Valledupar, La paz, San Diego y El Copey se presentan valores entre los 84 a 136 mm, dentro de las cuencas de los ríos Guatapurí, arroyo el Pajarito, Badillo y Mocho o Chiriaoimo; en la parte centro del departamento en las subcuencas de los ríos Ariguaní, Cesarito, arroyo San Antonio y Casacará se tienen valores que varían entre los 153 a 194 mm.

7.5. Estimación del Balance Hídrico.

La estimación del balance hídrico por cuencas se realizó partiendo de los resultados del cálculo de precipitación, escorrentía y evapotranspiración media mensual multianual obtenida después del procesamiento de los datos en el software ArcGis. Para poder calcular los valores de recarga potencial para las cuencas de los ríos Ariguaní, Calenturitas, Guatapurí, Arroyo San Antonio, Casacará, Cesarito, Fernambuco, Jobo o Tocaima y Magiriaoimo, esta recarga se estimó por medio del aplicativo BALHID que es un programa que calcula el balance hídrico con base en los valores promedios mensuales de precipitación,



APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

evapotranspiración potencial y escorrentía directa. Así mismo deben ingresar las características del suelo tales como, capacidad de campo, punto de marchites y una constante radicular.

Este programa desarrolla el método de “Penman Gridley”, un balance de humedad del suelo y determina la cantidad de agua disponible para la recarga en los acuíferos, este método considera que un suelo que está a capacidad de campo, es sujeto a evapotranspiración, el agua del suelo puede ser extraída sin ninguna restricción y la evapotranspiración real puede ser igual a la potencial.

Cuando se alcanza un valor crítico en el contenido de humedad del suelo, conocido como “constante radicular” el suelo no puede aportar agua para evapotranspiración a una rata igual a la potencial. Se asume que a partir de este momento la evapotranspiración, continúa a una rata correspondiente a 1/10 de la potencial por debajo de la constante radicular. Esta rata de extracción de agua del suelo continúa hasta que se alcanza el punto de marchitez ó sea el valor correspondiente al estado en el cual la planta no puede extraer más agua y muere.

➤ **Método de cálculo**

El método de consiste en hacer un balance para un periodo de tiempo determinado. El balance se puede expresar de la siguiente forma:

$$P = ESC + ETR +/- \Delta S + REC$$

P = precipitación

ESC = escorrentía

ETR = evapotranspiración

ΔS = cambios en el contenido de humedad del suelo

REC = recarga o infiltración potencial

Para la estimación de la recarga de agua fue necesario tener los siguientes parámetros para las subcuencas que hacen parte del convenio 132-2003, Tabla 56.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

Tabla 56 . Parámetros utilizados en el aplicativo

P	Precipitación (mm)	Cualquier tipo de agua que cae sobre la tierra
E	Escorrentía Directa (mm)	El agua que fluye directamente desde la superficie del suelo a las corrientes, ríos y lagos.
ETP	Evapotranspiración potencial	Es la que se produciría si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas.
Kc	Coeficiente de cultivo (que se toma igual a 1.0)	El coeficiente de cultivo (K_C) describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando.
ETP C	Evapotranspiración potencial referida a cada cultivo	Cantidad máxima de agua capaz de ser evaporada por una cubierta vegetal continua.
PE	Precipitación efectiva	Parte de la precipitación que contribuye a la escorrentía.
ETR	Evapotranspiración Real	Es la que se produce realmente en las condiciones existentes en cada caso.
SMS	Déficit de humedad del suelo al comienzo del mes	
SME	Déficit de humedad del suelo al final del mes	
RECH	Recarga mensual	
C.C	Capacidad de campo	contenido de humedad en el suelo, a partir del cual comienza la recarga
Pto March	Punto de marchitez	grado de humedad cuando las plantas no pueden absorber más agua
Cte Rad	Constante radicular	Cantidad de agua que la planta puede extraer del suelo sin ninguna dificultad.

➤ **Funcionamiento del aplicativo**

El programa que se utilizó es el BALHID el cual permite el calculo del balance hídrico anual fue implementado para Excel, su resultado es la recarga y se expresa en unidades de

mm/mes para cada una de las variables. Su funcionamiento se presenta en el diagrama de flujo (Figura 93) en el cual se presentan los diferentes pasos para obtener una recarga.

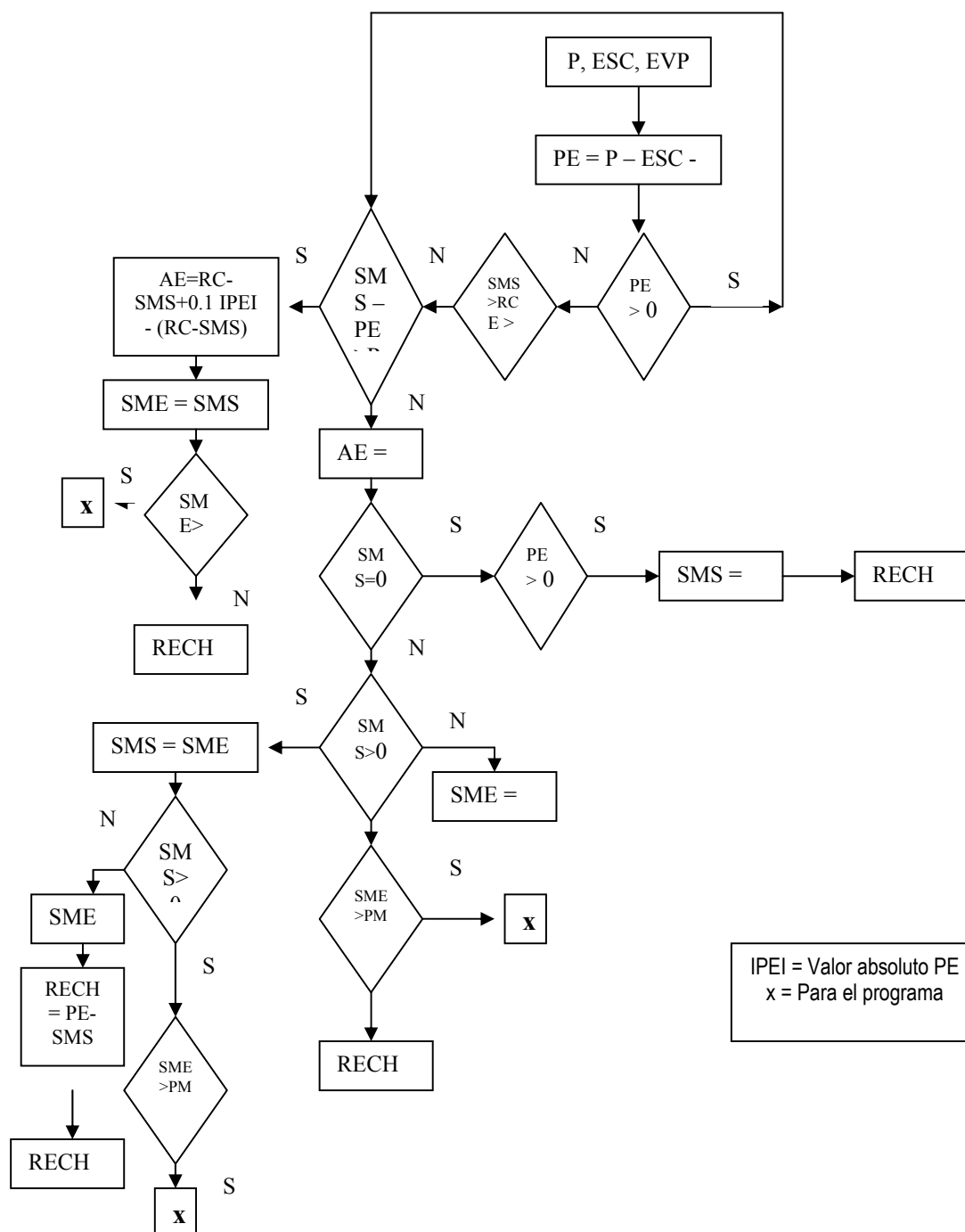


Figura 93. Diagrama de flujo del aplicativo para el balance hídrico

A continuación se presenta la estimación de los ordenes de magnitud de la recarga potencial proveniente de la precipitación a través de los suelos en las cuencas anteriores, Tablas 57 a 80 y Figuras 94 a 117.

7.5.1 Cuenca del Río Ariguani.

➤ Suelo Arenoso

Tabla 57. Aplicativo para la cuenca del río Ariguani suelo arenoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	12.56	28.42	60.59	129.73	187.32	139.58	119.00	161.15	182.24	179.65	131.83	46.61	1378.7
ESC	17.59	14.20	14.06	19.55	32.66	33.64	27.45	35.56	50.71	53.27	45.02	32.47	376.2
ETP	171.23	162.49	187.37	179.07	170.28	165.60	174.70	170.14	148.99	146.75	141.62	141.62	1959.8
KC	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
ETPC	128.42 4	121.86 8	140.52 6	134.30 4	127.70 7	124.19 9	131.02 7	127.60 5	111.74 0	110.06 3	106.21 1	106.21 1	1469.9
PE	-133.5	-107.6	-94.0	-24.1	27.0	-18.3	-39.5	-2.0	19.8	16.3	-19.4	-92.1	-467.4
ETR	4.3	0.0	0.0	0.0	127.7	120.4	95.5	125.8	111.7	110.1	101.3	23.4	820.1
SMS	23.7	28.0	28.0	28.0	28.0	0.0	14.4	18.4	18.6	0.0	0.0	14.5	201.7
SME	28.0	28.0	28.0	28.0	1.0	14.4	18.4	18.6	0.0	0.0	14.5	23.7	202.7
RECARGA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	16.3	0.0	0.0	17.5

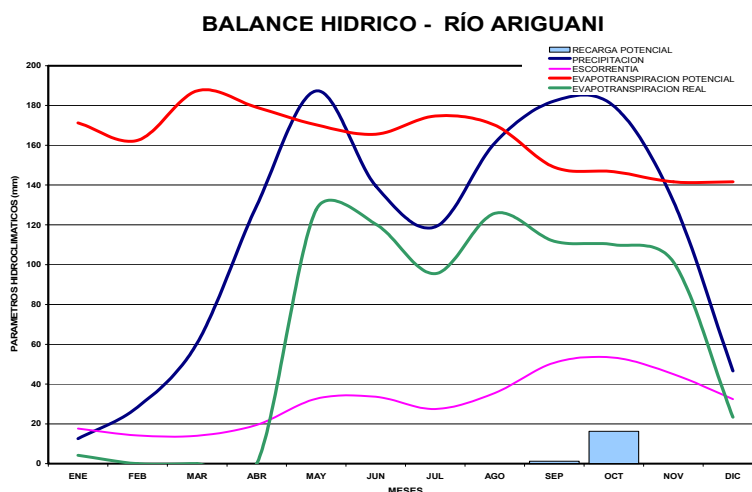


Figura 94. Balance Hídrico Río Ariguani (suelo arenoso).

La recarga para la subcuenca del río Ariguani solo se presenta en los meses de septiembre con el valor de 1.2 mm y octubre con 16.3 mm anuales, en los demás meses no existe recarga de agua debido a que los valores de evapotranspiración exceden de los valores de precipitación.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

➤ **Suelo Arcilloso**

Tabla 58. Aplicativo para la cuenca del río Ariguani suelo arcilloso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	12.6	28.4	60.6	129.7	187.3	139.6	119.0	161.2	182.2	179.7	131.8	46.6	1378.7
ESC	17.6	14.2	14.1	19.5	32.7	33.6	27.5	35.6	50.7	53.3	45.0	32.5	376.2
ETP	171.2	162.5	187.4	179.1	170.3	165.6	174.7	170.1	149.0	146.8	141.6	141.6	1959.8
KC	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	9.0
ETPC	171.2	162.5	187.4	179.1	170.3	165.6	174.7	170.1	149.0	146.8	141.6	141.6	1959.8
PE	-	-	-	-68.9	-15.6	-59.7	-83.1	-44.5	-17.5	-20.4	-54.8	-	-957.4
ETR	12.6	29.0	60.6	6.0	0.0	150.6	99.9	130.0	133.3	128.4	92.3	26.9	869.7
SMS	79.4	97.1	111.9	126.0	132.0	0.0	44.7	53.0	57.4	59.2	61.2	66.7	888.6
SME	97.1	111.9	126.0	132.0	132.0	44.7	53.0	57.4	59.2	61.2	66.7	79.4	1020.6
RECH	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

BALANCE HÍDRICO - RÍO ARIGUANI

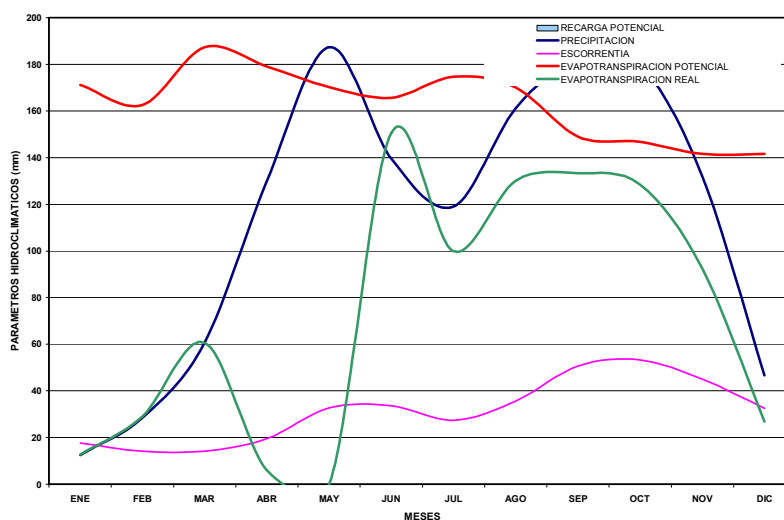


Figura 95. Balance Hídrico Río Ariguani (suelo arcilloso).

La recarga para la subcuenca del río Ariguani no existe recarga de agua a la tabla de agua debido a que los valores de evapotranspiración exceden los valores de precipitación.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

➤ **Suelo Limoso**

Tabla 59. Aplicativo para la cuenca del río Ariguaní suelo limoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	12.6	28.4	60.6	129.7	187.3	139.6	119.0	161.2	182.2	179.7	131.8	46.6	1378.7
ESC	17.6	14.2	14.1	19.5	32.7	33.6	27.5	35.6	50.7	53.3	45.0	32.5	376.2
ETP	171.2	162.5	187.4	179.1	170.3	165.6	174.7	170.1	149.0	146.8	141.6	141.6	1959.8
KC	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	9.0
ETPC	128.4	121.9	140.5	134.3	127.7	124.2	131.0	127.6	111.7	110.1	106.2	106.2	1469.9
PE	-	-	-94.0	-24.1	27.0	-18.3	-39.5	-2.0	19.8	16.3	-19.4	-92.1	-467.4
ETR	8.3	25.0	9.2	0.0	127.7	124.2	119.6	125.8	111.7	110.1	106.2	37.1	904.8
SMS	52.7	66.0	76.8	86.0	86.0	0.0	18.3	46.3	46.5	26.7	10.4	29.8	545.4
SME	66.0	76.8	86.0	86.0	59.0	18.3	46.3	46.5	26.7	10.4	29.8	52.7	604.4
RECH	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

BALANCE HÍDRICO - RÍO ARIGUANI

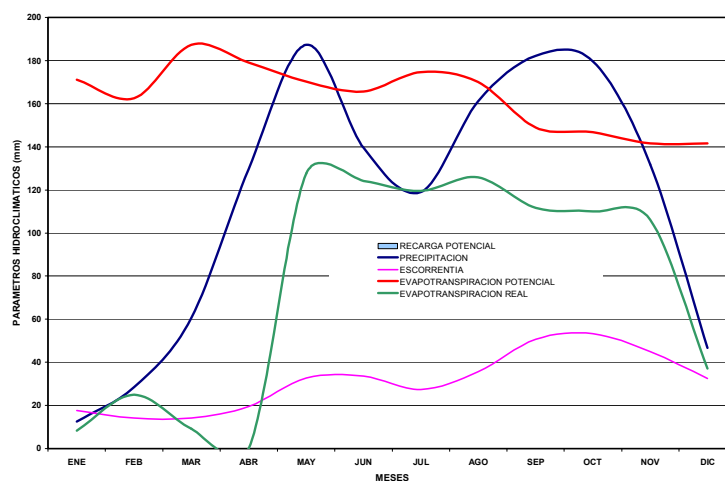


Figura 96. Balance Hídrico Río Ariguaní (suelo limoso).

La recarga para la subcuenca del río Ariguaní no existe recarga de agua a la tabla de agua debido a que los valores de evapotranspiración exceden los valores de precipitación.

7.5.2 .Cuenca del Río Calenturitas

➤ Suelos Arcillosos

Tabla 60. Aplicativo para la cuenca del río Calenturitas suelo arcilloso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	15.094	39.977	85.011	161.800	229.409	166.061	138.747	174.574	256.166	234.147	184.375	57.609	1743.0
ESC	6.4551	6.6144	11.1599	14.5698	20.7903	17.6867	16.8180	16.8342	22.7970	31.4950	84.9892	18.3629	268.6
ETP	170.870	164.793	187.986	174.051	163.908	159.904	170.628	168.278	148.579	143.618	141.734	141.734	1936.1
KC	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	12.0
ETPC	170.9	164.8	188.0	174.1	163.9	159.9	170.6	168.3	148.6	143.6	141.7	141.7	1936.1
PE	-162.2	-131.4	-114.1	-26.8	44.7	-11.5	-48.7	-10.5	84.8	59.0	-42.3	-102.5	-461.7
ETR	24.9	46.5	85.3	149.9	163.9	149.5	126.8	158.8	148.6	143.6	141.7	50.1	1389.6
SMS	53.2	69.4	82.5	94.0	96.6	51.9	53.1	58.0	59.0	0.0	0.0	42.3	660.1
SME	69.4	82.5	94.0	96.6	51.9	53.1	58.0	59.0	0.0	0.0	42.3	53.2	660.1
RECARGA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	59.0	0.0	0.0	84.8

BALANCE HIDRICO - RÍO CALENTURITAS

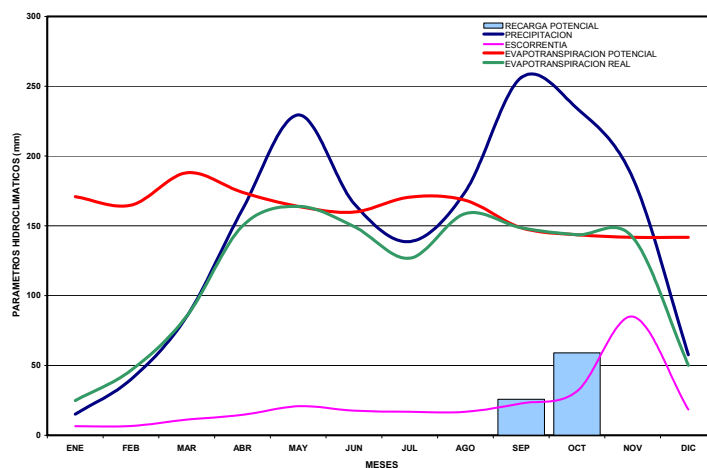


Figura 97. Balance Hídrico Río Calenturitas (suelo arcilloso).

Para la cuenca del río calenturitas se presenta recarga de agua solo en los meses de septiembre y octubre con valores que varían entre los 25.8 y 59 respectivamente. Para los demás meses no existe recarga de agua ya que los valores de evapotranspiración son mayores a la precipitación.

➤ Suelos Arenoso

Tabla 61. Aplicativo para la cuenca del río Calenturitas suelo arenoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	15.094	39.977	85.011	161.800	229.409	166.061	138.747	174.574	256.166	234.147	184.375	57.609	1743.0
ESC	6.4551	6.6144	11.1599	14.5698	20.7903	17.6867	16.8180	16.8342	22.7970	31.4950	84.9892	18.3629	268.6
ETP	170.870	164.793	187.986	174.051	163.908	159.904	170.628	168.278	148.579	143.618	141.734	141.734	1936.1
KC	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	12.0
ETPC	170.9	164.8	188.0	174.1	163.9	159.9	170.6	168.3	148.6	143.6	141.7	141.7	1936.1
PE	-162.2	-131.4	-114.1	-26.8	44.7	-11.5	-48.7	-10.5	84.8	59.0	-42.3	-102.5	-461.7
ETR	0.9	0.0	0.0	0.0	163.9	159.9	129.0	158.8	148.6	143.6	116.2	49.5	1070.5
SMS	27.1	28.0	28.0	28.0	28.0	0.0	11.5	18.6	19.7	0.0	0.0	16.8	205.7
SME	28.0	28.0	28.0	28.0	0.0	11.5	18.6	19.7	0.0	0.0	16.8	27.1	205.7
RECARGA	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	0.0	65.1	59.0	0.0	0.0	140.9

BALANCE HÍDRICO - RÍO CALENTURITAS

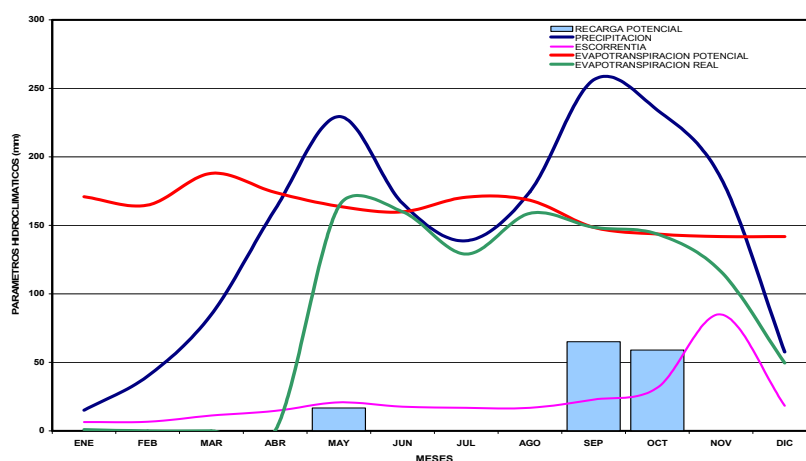


Figura 98. Balance Hídrico Río Calenturitas (suelo arenoso).

Para la subcuenca del río calenturitas se presenta recarga en los meses de mayo 16.7, septiembre 65.1 y octubre 59 mensuales, en los demás meses los valores de evapotranspiración

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

➤ **Suelo limoso**

Tabla 62 Aplicativo para la cuenca del río Calenturitas suelo limoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	15.094	39.977	85.011	161.800	229.409	166.061	138.747	174.574	256.166	234.147	184.375	57.609	1743.0
ESC	6.4551	6.6144	11.1599	14.5698	20.7903	17.6867	16.8180	16.8342	22.7970	31.4950	84.9892	18.3629	268.6
ETP	170.870	164.793	187.986	174.051	163.908	159.904	170.628	168.278	148.579	143.618	141.734	141.734	1936.1
KC	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	12.0
ETPC	170.9	164.8	188.0	174.1	163.9	159.9	170.6	168.3	148.6	143.6	141.7	141.7	1936.1
PE	-162.2	-131.4	-114.1	-26.8	44.7	-11.5	-48.7	-10.5	84.8	59.0	-42.3	-102.5	-461.7
ETR	24.9	46.5	1.7	0.0	163.9	152.9	126.8	158.8	148.6	143.6	141.7	51.9	1161.2
SMS	55.0	71.2	84.3	86.0	86.0	41.3	45.8	50.7	51.7	0.0	0.0	42.3	614.3
SME	71.2	84.3	86.0	86.0	41.3	45.8	50.7	51.7	0.0	0.0	42.3	55.0	614.3
RECARGA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.1	59.0	0.0	0.0	92.1

BALANCE HÍDRICO - RÍO CALENTURITAS

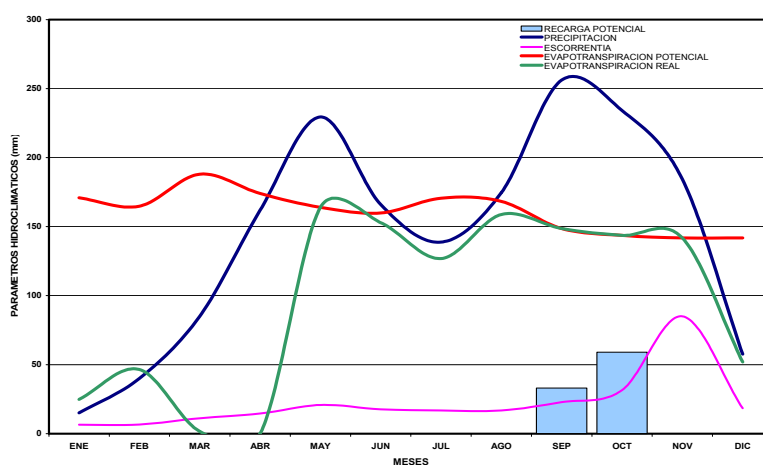


Figura 99. Balance Hídrico Río Calenturitas (suelo limoso).

Para la cuenca del río Calenturitas se presenta recarga en los meses de septiembre y octubre con valores de 33.1 y 59 respectivamente.

7.5.3 .Cuenca del Río Casacará.

➤ Suelo Arenoso

Tabla 63. Aplicativo para la cuenca del río Casacará suelo arenoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	16,9	41,4	69,3	160,8	203,6	144,3	122,7	153,6	213,6	215,3	176,9	53,0	1571,6
ESC	16,3	16,0	18,9	22,8	30,2	26,6	23,3	23,2	28,9	39,1	68,9	25,7	340,0
ETP	176,6	171,6	197,8	182,2	168,0	165,9	175,8	174,8	149,7	145,5	143,6	143,6	1995,1
KC	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	9,0
ETPC	132,4	128,7	148,3	136,7	126,0	124,4	131,9	131,1	112,3	109,1	107,7	107,7	1496,4
PE	-131,8	-103,2	-97,9	1,4	47,3	-6,7	-32,5	-0,7	72,4	67,1	0,3	-80,4	-264,8
ETR	13,8	35,8	60,2	136,7	126,0	124,4	107,0	130,5	112,3	109,1	107,7	74,1	1137,6
SMS	46,7	59,9	70,2	80,0	78,7	31,3	38,0	45,8	45,8	0,0	0,0	0,0	496,5
SME	59,9	70,2	80,0	78,7	31,3	38,0	45,8	45,8	0,0	0,0	0,0	46,7	496,5
RECH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,6	67,1	0,3	0,0	94,0

BALANCE HIDRICO - RIO CASACARÁ

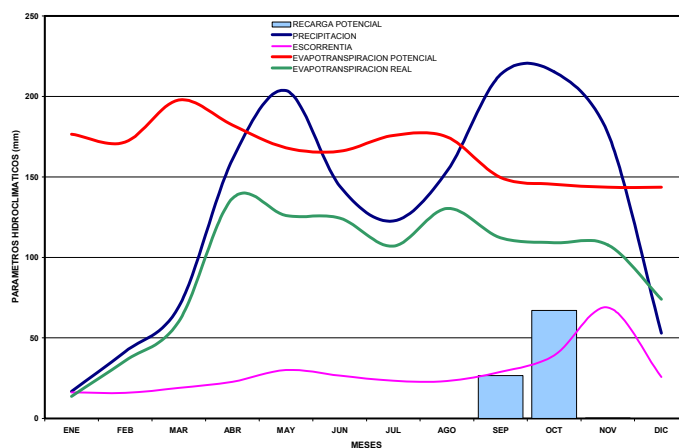


Figura 100. Balance Hídrico Río Casacará (suelo arenoso).

Para la cuenca del río Casacará solo se presenta recarga en los meses de septiembre (26.6 mm) y octubre con un valor de 67.1 mm, y 0.3 mm en el mes de noviembre, correspondientes a los meses de mayor precipitación en el área. de la cuenca.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

➤ **Suelo Arcilloso**

Tabla 64. Aplicativo para la cuenca del río Casacará suelo arcilloso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	16.9	41.4	69.3	160.8	203.6	144.3	122.7	153.6	213.6	215.3	176.9	53.0	1571.6
ESC	16.3	16.0	18.9	22.8	30.2	26.6	23.3	23.2	28.9	39.1	68.9	25.7	340.0
ETP	176.6	171.6	197.8	182.2	168.0	165.9	175.8	174.8	149.7	145.5	143.6	143.6	1995.1
KC	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	12.0
ETPC	176.6	171.6	197.8	182.2	168.0	165.9	175.8	174.8	149.7	145.5	143.6	143.6	1995.1
PE	175.9	146.1	147.4	-44.2	5.3	-48.2	-76.5	-44.4	35.0	30.7	-35.6	116.3	-763.5
ETR	0.2	0.0	0.0	0.0	168.0	122.5	0.5	0.0	149.7	145.5	124.2	39.0	749.6
SMS	27.8	28.0	28.0	28.0	28.0	22.7	27.5	28.0	28.0	0.0	0.0	16.2	262.1
SME	28.0	28.0	28.0	28.0	22.7	27.5	28.0	28.0	0.0	0.0	16.2	27.8	262.1
RECARGA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	30.7	0.0	0.0	37.7

BALANCE HIDRICO - RIO CASACARA

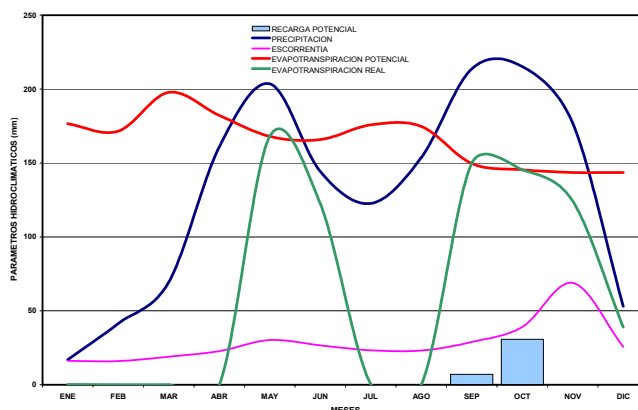


Figura 101. Balance Hídrico Río Casacará (suelo arcilloso).

Para la cuenca del río Casacará solo se presenta recarga en los meses de septiembre (7.0 mm) y octubre con un valor de 30.7 mm, correspondientes a los meses de mayor precipitación en el área de la cuenca.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

➤ **Suelo limoso**

Tabla 65. Aplicativo para la cuenca del río Casacará suelo limoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	16,9	41,4	69,3	160,8	203,6	144,3	122,7	153,6	213,6	215,3	176,9	53,0	1571,6
ESC	16,3	16,0	18,9	22,8	30,2	26,6	23,3	23,2	28,9	39,1	68,9	25,7	340,0
ETP	176,6	171,6	197,8	182,2	168,0	165,9	175,8	174,8	149,7	145,5	143,6	143,6	1995,1
KC	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	9,0
ETPC	132,4	128,7	148,3	136,7	126,0	124,4	131,9	131,1	112,3	109,1	107,7	107,7	1496,4
PE	-	-	-97,9	1,4	47,3	-6,7	-32,5	-0,7	72,4	67,1	0,3	-80,4	-264,8
ETR	13,8	35,8	60,2	136,7	126,0	124,4	107,2	130,5	112,3	109,1	107,7	75,9	1139,6
SMS	48,5	61,7	72,0	81,8	80,5	33,1	39,8	47,7	47,8	0,0	0,0	0,0	513,1
SME	61,7	72,0	81,8	80,5	33,1	39,8	47,7	47,8	0,0	0,0	0,0	48,5	513,1
RECH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,6	67,1	0,3	0,0	92,0

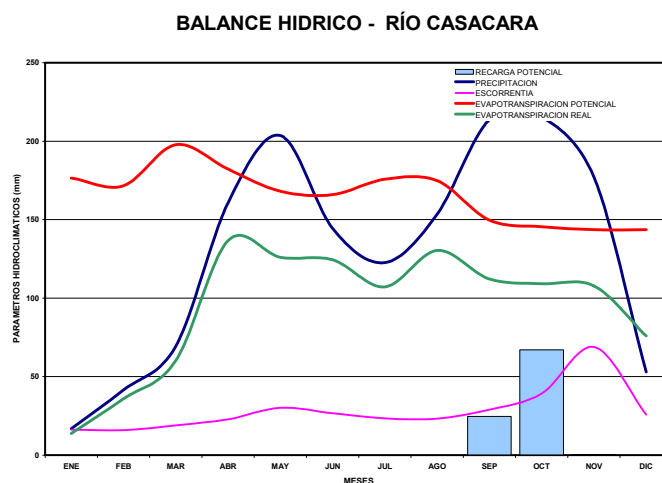


Figura 102. Balance Hídrico Río Casacará (suelo limoso).

Para la cuenca del río Casacará solo se presenta recarga en los meses de septiembre (24.6 mm) y octubre (67.1 mm) y en noviembre (0.3 mm) correspondientes a los meses de mayor precipitación en el área. De la cuenca.

7.5.4 .Cuenca del Río Fernambuco

➤ Suelo Arcilloso

Tabla 66. Aplicativo para la cuenca del río Fernambuco suelo arcilloso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	15.4	39.2	67.5	136.6	191.5	130.4	131.1	150.4	175.8	181.1	179.3	49.1	1447.6
ESC	27.8	27.7	26.8	32.3	41.2	35.6	29.9	31.1	36.2	42.7	37.1	33.9	402.3
ETP	208.5	203.9	229.9	209.4	183.8	181.7	195.0	193.3	160.9	155.0	154.6	154.6	2230.6
KC	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	12.0
ETPC	208.5	203.9	229.9	209.4	183.8	181.7	195.0	193.3	160.9	155.0	154.6	154.6	2230.6
PE	-	-	-	-	-33.5	-86.9	-93.8	-74.0	-21.3	-16.6	-12.4	139.4	-1185.3
ETR	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0	110.6	126.7	141.7	140.1	143.5	29.2	882.8
SMS	120.9	132.0	132.0	132.0	132.0	0.0	85.2	94.6	102.0	104.1	105.8	107.0	1247.5
SME	132.0	132.0	132.0	132.0	132.0	85.2	94.6	102.0	104.1	105.8	107.0	120.9	1379.5
RECARGA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

BALANCE HIDRICO - RÍO FERNAMBUCO

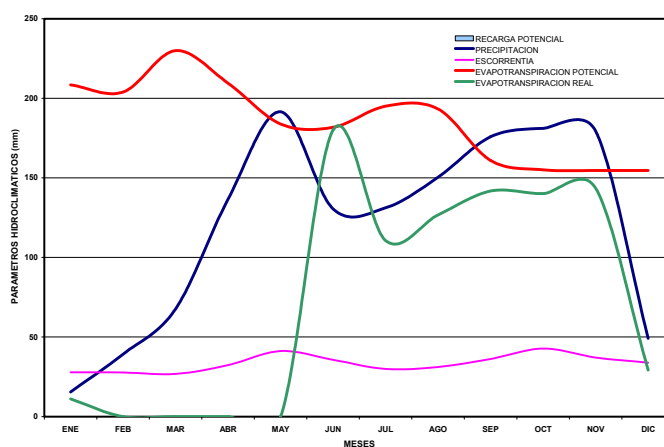


Figura 103. Balance Hídrico Río Fernambuco (suelo arcilloso).

Para la subcuenca del río Fernambuco no se presenta recarga de agua en el área de los suelos arcillosos, debido a que las entradas de agua son menores que las salidas.

➤ Suelo Arenoso

Tabla 67. Aplicativo para la cuenca del río fernambuco suelo arcilloso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	15,4	39,2	67,5	136,6	191,5	130,4	131,1	150,4	175,8	181,1	179,3	49,1	1447,6
ESC	27,8	27,7	26,8	32,3	41,2	35,6	29,9	31,1	36,2	42,7	37,1	33,9	402,3
ETP	208,5	203,9	229,9	209,4	183,8	181,7	195,0	193,3	160,9	155,0	154,6	154,6	2230,6
KC	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	9,0
ETPC	156,4	152,9	172,4	157,1	137,9	136,3	146,3	144,9	120,7	116,2	116,0	116,0	1673,0
PE	-	-	-	-52,8	12,5	-41,5	-45,0	-25,6	18,9	22,2	26,3	100,7	-627,7
ETR	5,3	0,0	0,0	0,0	137,9	111,6	105,7	121,9	120,7	116,2	116,0	37,9	873,2
SMS	22,7	28,0	28,0	28,0	28,0	0,0	16,7	21,3	23,8	4,9	0,0	0,0	201,4
SME	28,0	28,0	28,0	28,0	15,5	16,7	21,3	23,8	4,9	0,0	0,0	22,7	216,9
RECH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	26,3	0,0	43,5

BALANCE HIDRICO - RÍO FERNAMBUCO

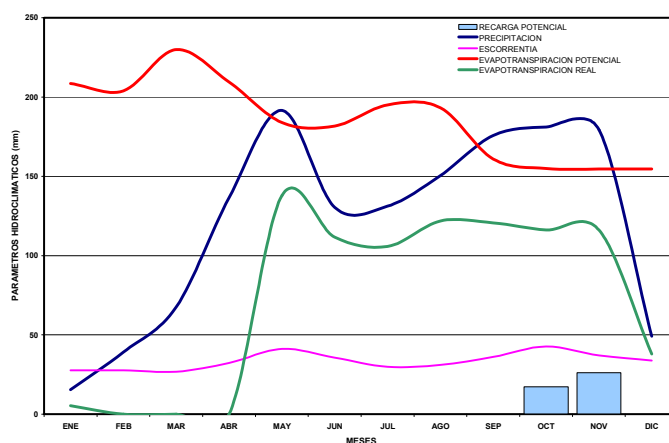


Figura 104. Balance Hídrico Río Fernambuco (suelo arenoso).

Para la cuenca del río Fernambuco solo se presenta recarga en los meses de octubre (17.2 mm) y en noviembre (26.5 mm) correspondientes a los meses de mayor precipitación en el área de la cuenca.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

➤ **Suelo limoso**

Tabla 68. Aplicativo para la cuenca del río Fernambuco suelo limoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	15,4	39,2	67,5	136,6	191,5	130,4	131,1	150,4	175,8	181,1	179,3	49,1	1447,6
ESC	27,8	27,7	26,8	32,3	41,2	35,6	29,9	31,1	36,2	42,7	37,1	33,9	402,3
ETP	208,5	203,9	229,9	209,4	183,8	181,7	195,0	193,3	160,9	155,0	154,6	154,6	2230,6
KC	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	9,0
ETPC	156,4	152,9	172,4	157,1	137,9	136,3	146,3	144,9	120,7	116,2	116,0	116,0	1673,0
PE	-	-	-	-52,8	12,5	-41,5	-45,0	-25,6	18,9	22,2	26,3	100,7	-627,7
ETR	4,5	25,6	4,4	0,0	137,9	136,3	108,9	121,9	120,7	116,2	116,0	65,8	958,2
SMS	50,6	67,4	81,6	86,0	86,0	0,0	41,5	49,2	51,7	32,8	10,7	0,0	557,4
SME	67,4	81,6	86,0	86,0	73,5	41,5	49,2	51,7	32,8	10,7	0,0	50,6	630,9
RECH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	0,0	15,6

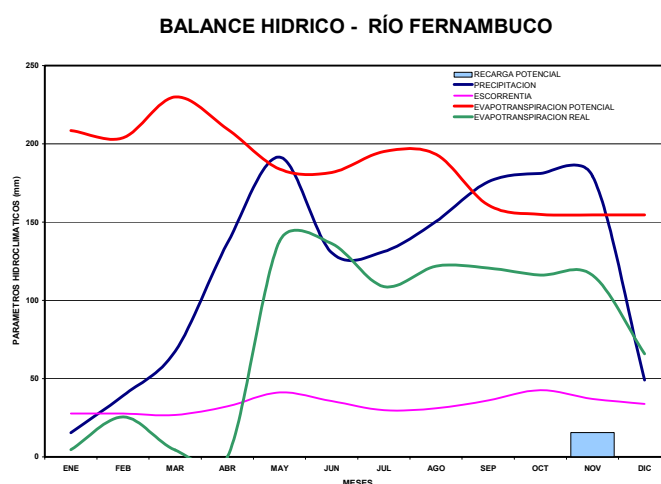


Figura 105. Balance Hídrico Río Fernambuco (suelo limoso).

Para la cuenca del río Fernambuco solo se presenta recarga en los meses de noviembre (15.6 mm).

7.5.5 .Cuenca Arroyo San Antonio

➤ Suelo Arenoso

Tabla 69. Aplicativo para la cuenca del Arroyo San Antonio suelo arenoso

PARAMETRO S	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUA L
P	14,975	33,678	98,403	155,13 9	227,47 0	172,97 7	144,56 7	197,07 2	294,69 3	256,83 9	221,03 8	63,742	1880,6
ESC	3,4464	2,2661	2,9345	5,8560	15,023 1	11,891 3	9,6531	11,850 0	15,186 3	25,152 7	21,844 9	14,627 2	139,7
ETP	177,87 0	172,63 6	193,71 6	178,89 4	170,87 6	165,44 7	179,85 7	179,39 9	157,39 3	154,92 4	150,88 2	150,88 2	2032,8
KC	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	12,0
ETPC	177,9	172,6	193,7	178,9	170,9	165,4	179,9	179,4	157,4	154,9	150,9	150,9	2032,8
PE	-166,3	-141,2	-98,2	-29,6	41,6	-4,4	-44,9	5,8	122,1	76,8	48,3	-101,8	-291,9
ETR	5,2	0,0	0,0	0,0	170,9	165,4	148,1	179,4	157,4	154,9	150,9	71,9	1204,1
SMS	22,8	28,0	28,0	28,0	28,0	0,0	4,4	17,5	11,7	0,0	0,0	0,0	168,4
SME	28,0	28,0	28,0	28,0	0,0	4,4	17,5	11,7	0,0	0,0	0,0	22,8	168,4
RECARGA	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	0,0	0,0	110,4	76,8	48,3	0,0	249,1

BALANCE HIDRICO - ARROYO SAN ANTONIO

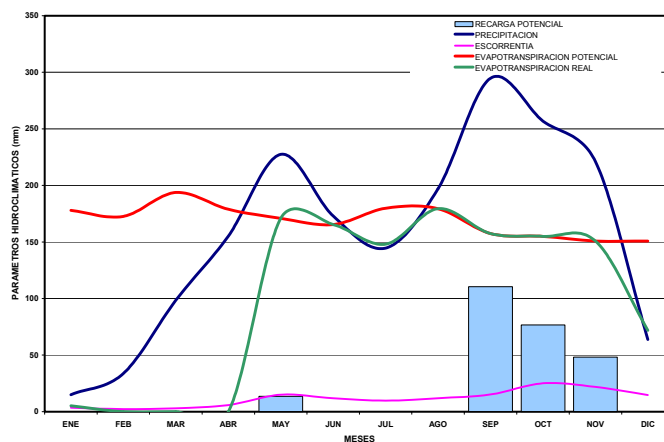


Figura 106. Balance Hídrico Arroyo San Antonio (suelo arenoso).

Para el área de suelo arenoso que se encontró en la cuenca del arroyo San Antonio se presenta recarga en los meses de mayo, septiembre, octubre y noviembre, presentándose valores de 13.6, 110.4, 76.3 y 48.3. los meses de mayor recarga son septiembre y octubre debido a que los valores de precipitación y escorrentía son mayores a los de la evapotranspiración.

➤ Suelo Arcilloso

Tabla 70. Aplicativo para la cuenca del Arroyo San Antonio suelo Arcillosos

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	14,975	33,678	98,403	155,139	227,470	172,977	144,567	197,072	294,693	256,839	221,038	63,742	1880,6
ESC	3,4464	2,2661	2,9345	5,8560	15,0231	11,8913	9,6531	11,8500	15,1863	25,1527	21,8449	14,6272	139,7
ETP	177,870	172,636	193,716	178,894	170,876	165,447	179,857	179,399	157,393	154,924	150,882	150,882	2032,8
KC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ETPC	177,870	172,636	193,716	178,894	170,876	165,447	179,857	179,399	157,393	154,924	150,882	150,882	2032,8
PE	-166,3	-141,2	-98,2	-29,6	41,6	-4,4	-44,9	5,8	122,1	76,8	48,3	-101,8	-291,9
ETR	28,2	45,5	105,3	152,2	170,9	161,5	139,4	179,4	157,4	154,9	150,9	98,0	1543,6
SMS	48,9	65,5	79,6	89,5	92,4	50,8	51,3	55,8	50,0	0,0	0,0	0,0	583,8
SME	65,5	79,6	89,5	92,4	50,8	51,3	55,8	50,0	0,0	0,0	0,0	48,9	583,8
RECARGA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,2	76,8	48,3	0,0	197,2

BALANCE HIDRICO - Arroyo San Antonio

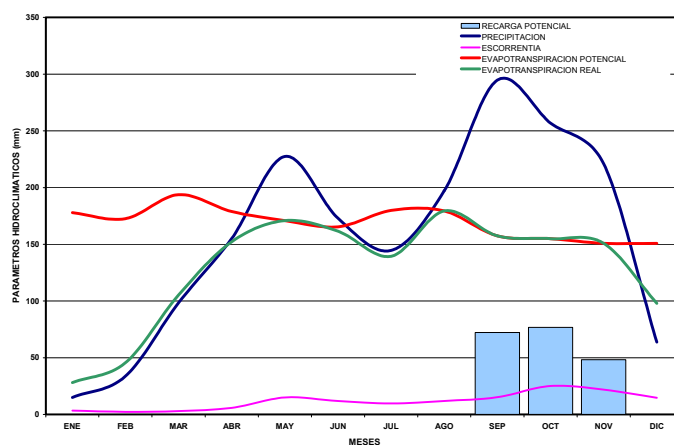


Figura 107. Balance Hídrico Arroyo San Antonio (suelo arcilloso).

Para el área de suelo arenoso que se encontró en la cuenca del arroyo San Antonio se presenta recarga en los meses de septiembre, octubre y noviembre, presentándose valores de 72.2, 76.8, 48.3, debido a que los valores de precipitación y escorrentía exceden a los valores de la evapotranspiración.

➤ Suelo Limoso

Tabla 71. Aplicativo para la Arroyo San Antonio suelo Limoso

PARAMETRO S	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUA L
P	14,975	33,678	98,403	155,13 9	227,47 0	172,97 7	144,56 7	197,07 2	294,69 3	256,83 9	221,03 8	63,742	1880,6
ESC	3,4464	2,2661	2,9345	5,8560	15,023 1	11,891 3	9,6531	11,850 0	15,186 3	25,152 7	21,844 9	14,627 2	139,7
ETP	177,87 0	172,63 6	193,71 6	178,89 4	170,87 6	165,44 7	179,85 7	179,39 9	157,39 3	154,92 4	150,88 2	150,88 2	2032,8
KC	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	12,0
ETPC	177,9	172,6	193,7	178,9	170,9	165,4	179,9	179,4	157,4	154,9	150,9	150,9	2032,8
PE	-166,3	-141,2	-98,2	-29,6	41,6	-4,4	-44,9	5,8	122,1	76,8	48,3	-101,8	-291,9
ETR	28,2	45,5	4,6	0,0	170,9	162,0	139,4	179,4	157,4	154,9	150,9	99,8	1293,0
SMS	50,7	67,3	81,4	86,0	86,0	44,4	45,4	49,9	44,1	0,0	0,0	0,0	555,2
SME	67,3	81,4	86,0	86,0	44,4	45,4	49,9	44,1	0,0	0,0	0,0	50,7	555,2
RECARGA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,1	76,8	48,3	0,0	203,1

BALANCE HIDRICO - ARROYO SAN ANTONIO

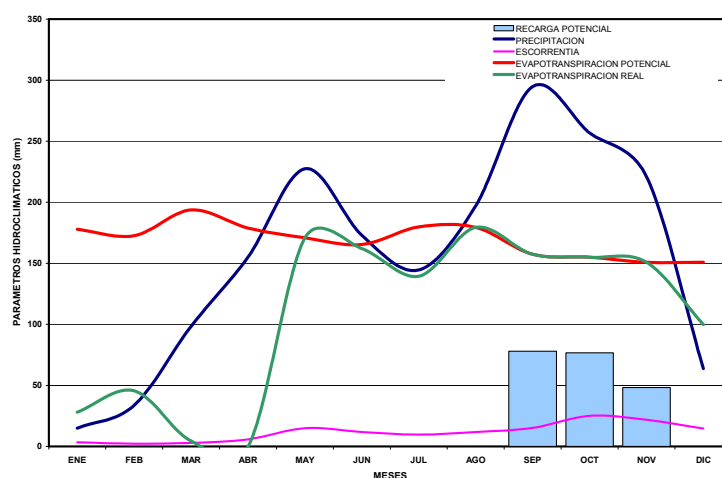


Figura 108. Balance Hídrico Río Arroyo San Antonio (suelo limoso).

Para el área de suelo arenoso que se encontró en la cuenca del arroyo San Antonio se presenta recarga en los meses de septiembre, octubre y noviembre, presentándose valores de 78,1, 76,8, 48,3, debido a que los valores de precipitación y escorrentía exceden a los valores de la evapotranspiración.

7.5.6 .Cuenca del Río Magiriaimo.

➤ Suelo Arenosos

Tabla 72. Aplicativo para la cuenca del río Magiriaimo suelo arenoso

PARAMETRO S	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUA L
P	28,871	45,757	65,922	186,368	221,005	147,952	129,189	137,167	223,415	236,685	178,567	56,799	1657,7
ESC	12,0224	11,2777	12,8095	25,0889	46,2471	28,1475	18,3101	17,6788	28,8172	73,1198	65,1263	26,4535	365,1
ETP	157,794	155,353	181,119	166,910	149,156	149,022	157,437	156,410	135,645	129,731	127,384	127,384	1793,3
KC	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	12,0
ETPC	157,8	155,4	181,1	166,9	149,2	149,0	157,4	156,4	135,6	129,7	127,4	127,4	1793,3
PE	-140,9	-120,9	-128,0	-5,6	25,6	-29,2	-46,6	-36,9	59,0	33,8	-13,9	-97,0	-500,7
ETR	4,3	0,0	0,0	0,0	149,2	133,2	115,5	123,2	135,6	129,7	127,4	40,1	958,2
SMS	23,7	28,0	28,0	28,0	28,0	2,4	15,8	20,4	24,1	0,0	0,0	13,9	212,3
SME	28,0	28,0	28,0	28,0	2,4	15,8	20,4	24,1	0,0	0,0	13,9	23,7	212,3
RECARGA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,8	33,8	0,0	0,0	68,7

BALANCE HIDRICO - RÍO MAGIRIAIMO

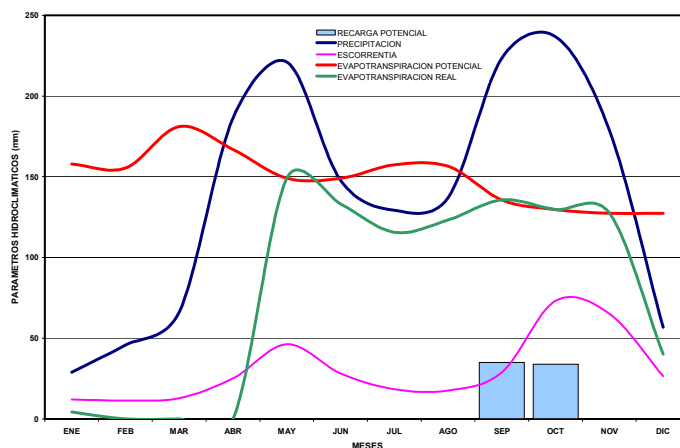


Figura 109. Balance Hídrico Río Arroyo San Antonio (suelo arenoso).

Para la cuenca del río Magiriaimo se presenta recarga solo en los meses de Septiembre y Octubre con valores de 34.8 y 33.8 respectivamente, esto se presenta debido a que son los meses de mayores precipitaciones en el área del presente convenio.

➤ Suelo Arcilloso

Tabla 73. Aplicativo para la cuenca del río Magiriaimo suelo arcilloso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	28,9	45,8	65,9	186,4	221,0	148,0	129,2	137,2	223,4	236,7	178,6	56,8	1657,7
ESC	12,0	11,3	12,8	25,1	46,2	28,1	18,3	17,7	28,8	73,1	65,1	26,5	365,1
ETP	157,8	155,4	181,1	166,9	149,2	149,0	157,4	156,4	135,6	129,7	127,4	127,4	1793,3
KC	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	9,0
ETPC	118,3	116,5	135,8	125,2	111,9	111,8	118,1	117,3	101,7	97,3	95,5	95,5	1345,0
PE	101,5	-82,0	-82,7	36,1	62,9	8,0	-7,2	2,2	92,9	66,3	17,9	-65,2	-52,4
ETR	27,0	42,7	61,4	125,2	111,9	111,8	118,1	117,3	101,7	97,3	95,5	75,6	1085,4
SMS	45,2	55,4	63,6	71,8	35,7	0,0	0,0	7,2	5,0	0,0	0,0	0,0	284,0
SME	55,4	63,6	71,8	35,7	0,0	0,0	7,2	5,0	0,0	0,0	0,0	45,2	284,0
RECH	0,0	0,0	0,0	0,0	27,1	8,0	0,0	0,0	87,8	66,3	17,9	0,0	207,2

BALANCE HIDRICO - RIO MAGIRIAIMO

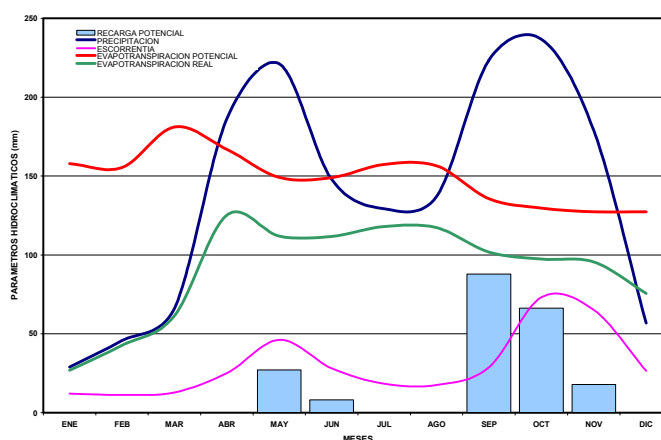


Figura 110. Balance Hídrico Río Magiriaimo (suelo arcilloso).

Para la cuenca del río Magiriaimo se presenta recarga en los meses de mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre con valores que se encuentran entre los 87.8 mm/mes en el mes de septiembre y 8 mm en junio.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

➤ **Suelo Limoso**

Tabla 74. Aplicativo para la cuenca del río Magiriaimo suelo limoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	28,871	45,757	65,922	186,368	221,005	147,952	129,189	137,167	223,415	236,685	178,567	56,799	1657,7
ESC	12,0224	11,2777	12,8095	25,0889	46,2471	28,1475	18,3101	17,6788	28,8172	73,1198	65,1263	26,4535	365,1
ETP	157,794	155,353	181,119	166,910	149,156	149,022	157,437	156,410	135,645	129,731	127,384	127,384	1793,3
KC	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	9,0
ETPC	118,3	116,5	135,8	125,2	111,9	111,8	118,1	117,3	101,7	97,3	95,5	95,5	1345,0
PE	-101,5	-82,0	-82,7	36,1	62,9	8,0	-7,2	2,2	92,9	66,3	17,9	-65,2	-52,4
ETR	27,0	42,7	61,4	125,2	111,9	111,8	118,1	117,3	101,7	97,3	95,5	77,4	1087,2
SMS	47,0	57,2	65,4	73,6	37,5	0,0	0,0	7,2	5,0	0,0	0,0	0,0	293,0
SME	57,2	65,4	73,6	37,5	0,0	0,0	7,2	5,0	0,0	0,0	0,0	47,0	293,0
RECH	0,0	0,0	0,0	0,0	25,3	8,0	0,0	0,0	87,8	66,3	17,9	0,0	205,4

BALANCE HIDRICO - RÍO MAGIRIAIMO

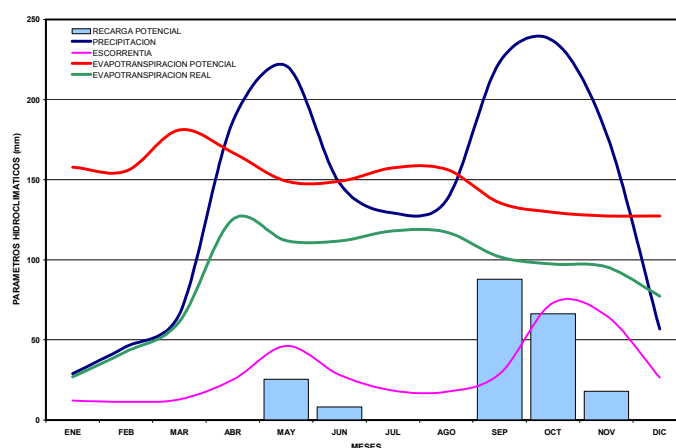


Figura 111. Balance Hídrico Río Magiriaimo (suelo limoso).

Para la cuenca del río Magiriaimo se presenta recarga en los suelos limosos para el mes de mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre. Siendo el valor más alto 87.8 mm para septiembre.

7.5.7 .Cuenca del Río Sicarare.

➤ Suelo arcilloso

Tabla 75. Aplicativo para la cuenca del río Sicarare suelo arcilloso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	15,1	41,6	67,0	150,1	197,3	139,2	121,3	149,4	194,1	197,9	175,6	49,6	1498,3
ESC	25,0	24,8	25,6	29,2	36,0	33,0	28,8	29,5	33,8	40,1	49,3	31,5	386,8
ETP	194,6	189,3	215,6	198,0	178,8	176,8	188,3	187,5	157,7	153,1	151,5	151,5	2142,7
KC	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	9,0
ETPC	146,0	142,0	161,7	148,5	134,1	132,6	141,2	140,6	118,3	114,8	113,6	113,6	1607,0
PE	-156,0	-125,2	-120,4	-27,6	27,2	-26,4	-48,8	-20,7	42,1	43,0	12,7	-95,5	-495,5
ETR	5,6	29,3	53,4	123,7	134,1	108,9	97,3	122,0	118,3	114,8	113,6	66,3	1087,3
SMS	48,3	63,8	76,4	88,4	91,2	64,0	66,6	71,5	73,6	31,5	0,0	0,0	675,2
SME	63,8	76,4	88,4	91,2	64,0	66,6	71,5	73,6	31,5	0,0	0,0	48,3	675,2
RECH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	12,7	0,0	24,2

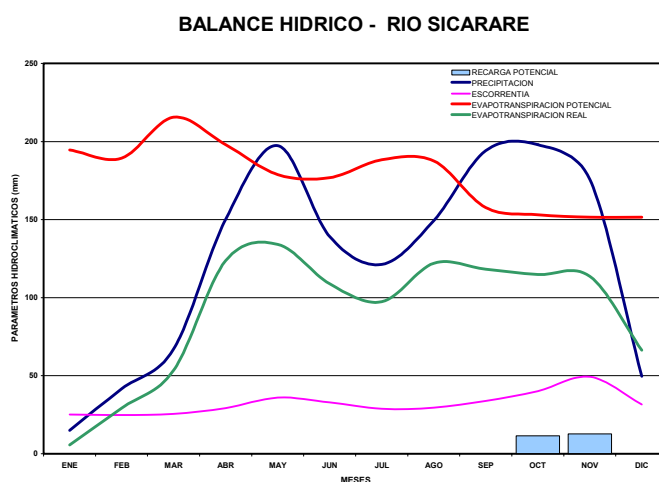


Figura 112. Balance Hídrico Río Sicarare (suelo arcilloso).

Para la cuenca del Río Sicarare se presentan valores de recarga en los suelos arcillosos del orden de 11.5 mm y 12.7 mm para los meses de octubre y noviembre respectivamente.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

➤ **Suelo Arenoso**

Tabla 76. Aplicativo para la cuenca del río Sicarare suelo arenoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	15,1	41,6	67,0	150,1	197,3	139,2	121,3	149,4	194,1	197,9	175,6	49,6	1498,3
ESC	25,0	24,8	25,6	29,2	36,0	33,0	28,8	29,5	33,8	40,1	49,3	31,5	386,8
ETP	194,6	189,3	215,6	198,0	178,8	176,8	188,3	187,5	157,7	153,1	151,5	151,5	2142,7
KC	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	9,0
ETPC	146,0	142,0	161,7	148,5	134,1	132,6	141,2	140,6	118,3	114,8	113,6	113,6	1607,0
PE	156,0	125,2	120,4	-27,6	27,2	-26,4	-48,8	-20,7	42,1	43,0	12,7	-95,5	-495,5
ETR	5,8	0,0	0,0	0,0	134,1	120,7	97,3	122,0	118,3	114,8	113,6	40,2	866,9
SMS	22,2	28,0	28,0	28,0	28,0	0,8	15,3	20,2	22,3	0,0	0,0	0,0	192,8
SME	28,0	28,0	28,0	28,0	0,8	15,3	20,2	22,3	0,0	0,0	0,0	22,2	192,8
RECH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,8	43,0	12,7	0,0	75,5

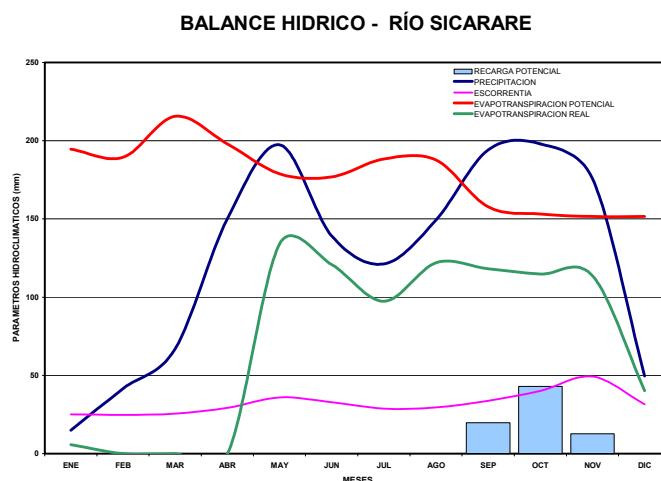


Figura 113. Balance Hídrico Río Sicarare (suelo arenoso).

Para el río Sicarare se presenta recarga de agua en los meses de septiembre, octubre y noviembre, presentando valores de 19.8, 43 y 12.7 respectivamente.

➤ Suelo Limoso

Tabla 77. Aplicativo para la cuenca del río Sicarare suelo limoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	15,1	41,6	67,0	150,1	197,3	139,2	121,3	149,4	194,1	197,9	175,6	49,6	1498,3
ESC	25,0	24,8	25,6	29,2	36,0	33,0	28,8	29,5	33,8	40,1	49,3	31,5	386,8
ETP	194,6	189,3	215,6	198,0	178,8	176,8	188,3	187,5	157,7	153,1	151,5	151,5	2142,7
KC	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	9,0
ETPC	146,0	142,0	161,7	148,5	134,1	132,6	141,2	140,6	118,3	114,8	113,6	113,6	1607,0
PE	-	-	-	-27,6	27,2	-26,4	-48,8	-20,7	42,1	43,0	12,7	-95,5	-495,5
ETR	5,6	29,3	7,8	0,0	134,1	108,9	97,3	122,0	118,3	114,8	113,6	68,1	919,9
SMS	50,1	65,6	78,2	86,0	86,0	58,8	61,5	66,3	68,4	26,4	0,0	0,0	647,3
SME	65,6	78,2	86,0	86,0	58,8	61,5	66,3	68,4	26,4	0,0	0,0	50,1	647,3
RECH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	12,7	0,0	29,4

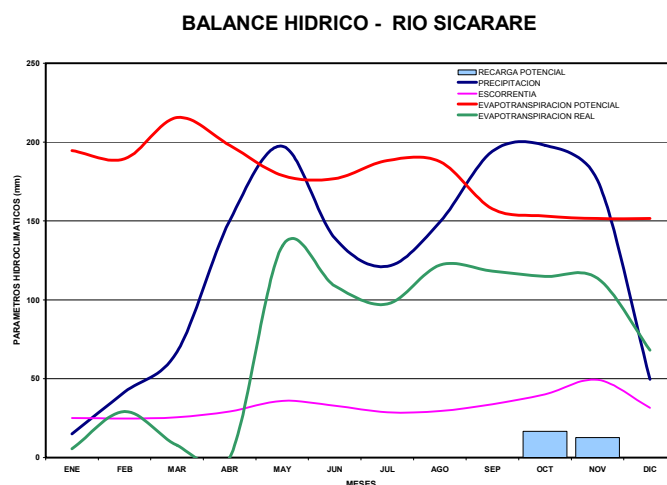


Figura 114. Balance Hídrico Río Sicarare (suelo limosos).

Para la subcuenca del río sicarare en el área de los suelos limosos encontramos recarga de agua en los meses de octubre y noviembre con valores de 16.7 y 12.7 mm/mensuales.

7.5.8 .Cuenca Quebrada Astrea

➤ Suelo Arcilloso

Tabla 78. Aplicativo para la Quebrada Astrea

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	7.2	26.0	81.7	132.5	166.0	110.4	96.3	144.7	190.5	175.6	151.4	33.3	1315.50
ESC	5.0732	2.5607	2.3555	3.2323	9.8284	10.5707	7.7376	8.8712	11.8288	15.0304	12.4111	10.0684	99.57
ETP	187.856	181.735	206.616	193.562	184.937	178.874	195.154	191.045	165.605	163.839	157.043	157.043	2163.31
KC	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	9.00
ETPC	140.89	136.30	154.96	145.17	138.70	134.16	146.37	143.28	124.20	122.88	117.78	117.78	1622.48
PE	-138.74	-112.89	-75.66	-15.88	17.43	-34.35	-57.80	-7.44	54.45	37.72	21.16	-94.54	-406.55
ETR	16.03	34.70	86.86	130.88	138.70	103.24	94.34	136.59	124.20	122.88	117.78	71.39	1177.60
SMS	48.15	62.03	73.32	80.88	82.47	65.04	68.47	74.25	75.00	0.00	0.00	0.00	629.62
SME	62.03	73.32	80.88	82.47	65.04	68.47	74.25	75.00	20.55	0.00	0.00	48.15	650.16
RECH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.72	21.16	0.00	58.87

BALANCE HÍDRICO - QUEBRADA ASTREA

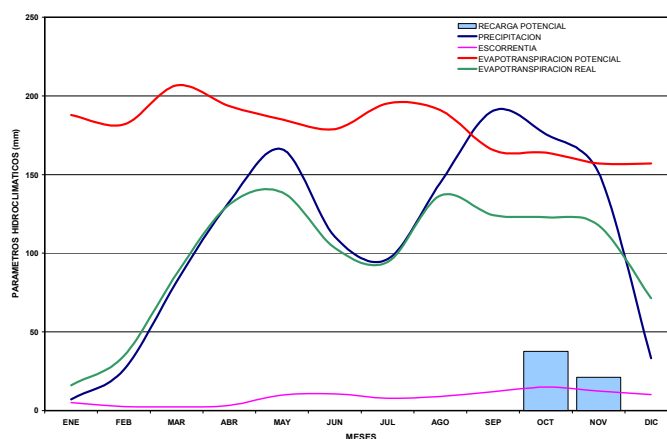


Figura 115. Balance Hídrico Quebrada Astrea (suelo arcilloso).

Para la subcuenca del río Quebrada Astrea en el área de los suelos limosos encontramos recarga de agua en los meses de octubre y noviembre con valores de 37.72 y 21.16 mm/mensuales.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

➤ Suelo Arenoso

Tabla 79. Aplicativo para la Quebrada Astrea

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	7.2	26.0	81.7	132.5	166.0	110.4	96.3	144.7	190.5	175.6	151.4	33.3	1315.50
ESC	5.0732	2.5607	2.3555	3.2323	9.8284	10.5707	7.7376	8.8712	11.8288	15.0304	12.4111	10.0684	99.57
ETP	187.856	181.735	206.616	193.562	184.937	178.874	195.154	191.045	165.605	163.839	157.043	157.043	2163.31
KC	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	9.00
ETPC	140.89	136.30	154.96	145.17	138.70	134.16	146.37	143.28	124.20	122.88	117.78	117.78	1622.48
PE	-138.74	112.89	-75.66	-15.88	17.43	-34.35	-57.80	-7.44	54.45	37.72	21.16	-94.54	406.55
ETR	5.95	0.00	0.00	0.00	138.70	106.33	94.34	136.59	124.20	122.88	117.78	45.29	892.07
SMS	22.05	28.00	28.00	28.00	28.00	10.57	17.09	22.87	23.62	0.00	0.00	0.00	208.20
SME	28.00	28.00	28.00	28.00	10.57	17.09	22.87	23.62	0.00	0.00	0.00	22.05	208.20
RECH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.83	37.72	21.16	0.00	89.70

BALANCE HIDRICO - QUEBRADA ASTREA

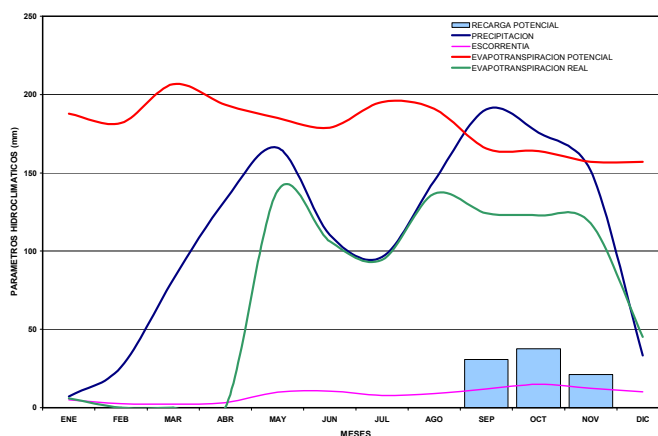


Figura 116 Balance Hídrico Quebrada Astrea (suelo arenoso).

Para la subcuenca del río Quebrada Astrea en el área de los suelos limosos encontramos recarga de agua en los meses de septiembre, octubre y noviembre con valores de 30.83, 37.72 y 21.16 mm/mensuales.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

➤ **Suelo Limoso**

Tabla 80. Aplicativo para la Quebrada Astrea

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	7.2	26.0	81.7	132.5	166.0	110.4	96.3	144.7	190.5	175.6	151.4	33.3	1315.50
ESC	5.0732	2.5607	2.3555	3.2323	9.8284	10.5707	7.7376	8.8712	11.8288	15.0304	12.4111	10.0684	99.57
ETP	187.85	181.7	206.6	193.5	184.9	178.87	195.1	191.0	165.60	163.83	157.04	157.04	2163.3
KC	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	9.00
ETPC	140.89	136.30	154.96	145.17	138.70	134.16	146.37	143.28	124.20	122.88	117.78	117.78	1622.48
PE	-138.74	112.89	-75.66	-15.88	17.43	-34.35	-57.80	-7.44	54.45	37.72	21.16	-94.54	-406.55
ETR	16.03	34.70	86.86	130.88	138.70	103.24	94.34	136.59	124.20	122.88	117.78	73.19	1179.40
SMS	49.95	63.83	75.12	82.68	84.27	66.84	70.27	76.05	76.80	0.00	0.00	0.00	645.82
SME	63.83	75.12	82.68	84.27	66.84	70.27	76.05	76.80	22.35	0.00	0.00	49.95	668.16
RECH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.72	21.16	0.00	58.87

BALANCE HÍDRICO - QUEBRADA ASTREA

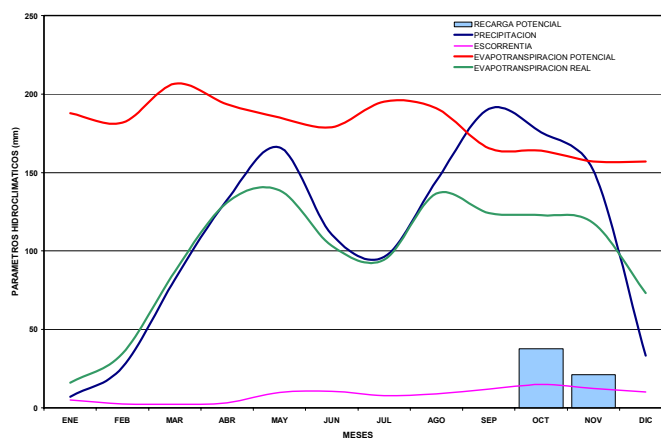


Figura 117 Balance Hídrico Quebrada Astrea (suelo limoso).

Para la subcuenca del río Quebrada Astrea en el área de los suelos limosos encontramos recarga de agua en los meses de octubre y noviembre con valores de 37.72 y 21.16 mm/mensuales.

8. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

El inventario de puntos de agua que incluye pozos, aljibes, aljibe pozos y manantiales se realizó en el municipio de Valledupar y su área de influencia rural durante los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre del año 2004 y Abril y Mayo de 2005. mediante visitas de campo a cada una de sus poblaciones, haciendas, fincas o predios. Figura 118.

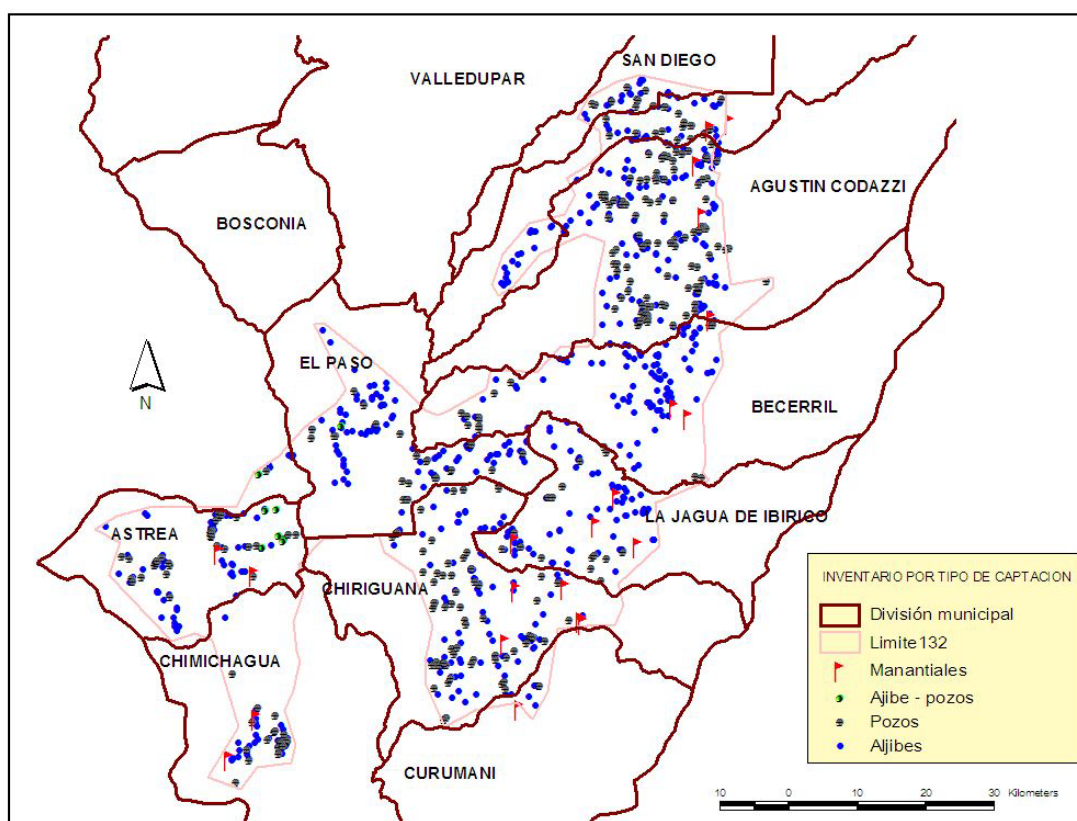


Figura 118. Inventario de puntos de agua en los municipios del convenio 132-2003.

En las campañas de campo se contaba con planchas topográficas del IGAC a escala 1:25000 con el fin de localizar cada punto inventariado y de la misma forma realizar el reconocimiento geológico y ambiental de la zona. La información de cada punto de agua se obtuvo mediante el diligenciamiento de un formato de captura de datos hidrogeológicos diseñado y adaptado por Corpocesar e IDEAM, los cuales fueron migrados posteriormente a un aplicativo de Base de Datos Hidrogeológicos del IDEAM. De igual forma se cuenta con la información digitalizada para cada punto en un formato en Excel.

El formato de captura de datos hidrogeológicos incluye los siguientes aspectos básicos: Datos Generales del predio, Localización en la zona, Propietario, Administrador, Geología y Geomorfología, Construcción y Terminación, Explotación y Construcciones Adicionales, Usos

del Agua y condición de la captación, Georreferenciación de Fuentes de Contaminación, Datos de Niveles, Caudales y Propiedades Físicas del Agua en campo. Todos los puntos de agua inventariados fueron georreferenciados con el receptor del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Foto 27, 28, 29 y 30.



Foto 27. Georreferenciación un pozo profundo de abastecimiento de Chiriguaná.

Mediante el modelo geológico y la cartografía geológica del área de estudio se identificó la unidad geológica que es captada por cada punto de agua, con el objeto de realizar la modelación del flujo del agua subterránea para cada unidad acuífera independientemente. Los datos de caudales de las captaciones en algunos casos se obtuvieron mediante aforos volumétricos realizados en campo, cuando las condiciones del aljibe o pozo la permitían, otras veces fue necesario estimarlos a partir del volumen almacenado en los tanques y el tiempo de llenado de los mismos o en la gran mayoría de los casos mediante información suministrada por el usuario. Foto 28



Foto 28. Aforo volumétrico de aljibes y pozos, durante la ejecución de pruebas de bombeo



Foto 29. Medición del nivel estático con sonda convencional en un aljibe.



Foto 30. Medición del nivel estático en un pozo, mediante el ingreso de la sonda por medio de tubería PVC de $\frac{3}{4}$ "

En total se inventariado 1118 captaciones de agua subterráneas los cuales fueron inventariados en el área del convenio 132-2003, la cual incluyo la cabecera y área de influencia rural de los municipios de Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguaná, Chimichagua, El Paso y Astrea. Es importante destacar que para conocer el modelo hidrogeológico conceptual semiregional a local de unidades acuíferas de interés para el convenio 132-2003, el inventario de puntos de agua se extendió a área rurales de los municipios de La Paz, San Diego, Curumaní en el Departamento del Cesar y Pijiño del Carmen en el Departamento del Magdalena, Figura 118.

En las tablas 81, 82, 83 y 84 se presentan las características más importantes y relevantes desde el punto de vista hidrogeológico y estadístico de las captaciones inventariadas en el área del convenio 132-2003.

Tabla 81. Inventario total por municipios para el área del convenio 132-2003

Municipio	Numero de puntos inventariados	%
Agustín Codazzi	273	24.4
La Paz	71	6.4
San Diego	26	2.3
Becerril	102	9.1
La Jagua de Ibirico	102	9.1
Chiriguaná	174	15.6
Curumaní	7	0.6
El Paso	146	13.1
Pijiño del Carmen	6	0.5
Chimichagua	77	6.9
Astrea	134	12.0
Total	1118	100

Tabla 82. Tipos de captaciones inventariadas por municipio.

Municipio	Pozo	Aljibe	Manantial	Aljibe-Pozo	Total
Agustín Codazzi	102	169	2	0	273
La Paz	18	51	2	0	71
San Diego	10	16	0	0	26
Becerril	13	86	3	0	102
La Jagua de Ibirico	17	81	4	0	102
Chiriguaná	63	106	5	0	174
Curumaní	1	5	1	0	7
El Paso	30	115	1	0	146
Pijiño del Carmen	1	4	0	1	6
Chimichagua	22	53	2	0	77
Astrea	34	93	2	5	134
Total	311	779	22	6	1118

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

Tabla 83. Estadísticas de las captaciones por municipio.

Municipio	Pozo (%)	Aljibe (%)	Manantial (%)	Aljibe-Pozo (%)	Total
Agustín Codazzi	37	62	1	0	100
La Paz	25	72	3	0	100
San Diego	38	62	0	0	100
Becerril	13	84	3	0	100
La Jagua de Ibirico	17	79	4	0	100
Chiriguaná	36	61	3	0	100
Curumaní	14	71	14	0	100
El Paso	21	79	1	0	100
Pijiño del Carmen	17	67	0	17	100
Chimichagua	29	69	3	0	100
Astrea	25	69	1	4	100
Total	28	70	2	1	100

Tabla 84 .Captaciones por municipios y unidad geológica

Municipio	Qlla	Qca	Qt	Jqs	Kmc	Ksl	Kir	Tmc	Tpaa	Tpb	Total
Agustín Codazzi	215	55	0	2	1	0	0	0	0	0	273
La Paz	68	1	0	2	0	0	0	0	0	0	71
San Diego	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
Becerril	100	0	0	0	0	1	0	0	0	1	102
La Jagua de Ibirico	71	0	17	0	0	0	0	14	0	0	102
Chiriguaná	171	0	0	0	0	0	3	0	0	0	174
Curumaní	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7
El Paso	132	0	0	0	0	0	0	14	0	0	146
Pijiño del Carmen	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Chimichagua	17	0	0	0	0	0	0	0	60	0	77
Astrea	35	0	0	0	0	0	0	0	99	0	134
Total	847	56	17	4	1	1	4	28	159	1	1118

En la tabla 85 se presentan el número total de captaciones (y en porcentaje) por unidad geológica tal como se presenta en la figura 119.

Tabla 85 Estadísticas de las captaciones por unidad geológica

Municipio	Qlla	Qca	Qt	Jqs	Kmc	Ksl	Kir	Tmc	Tpaa	Tpb	Total
Total	847	56	17	4	1	1	4	28	159	1	1118
%	76	5	2	0	0	0	0	3	14	0	100

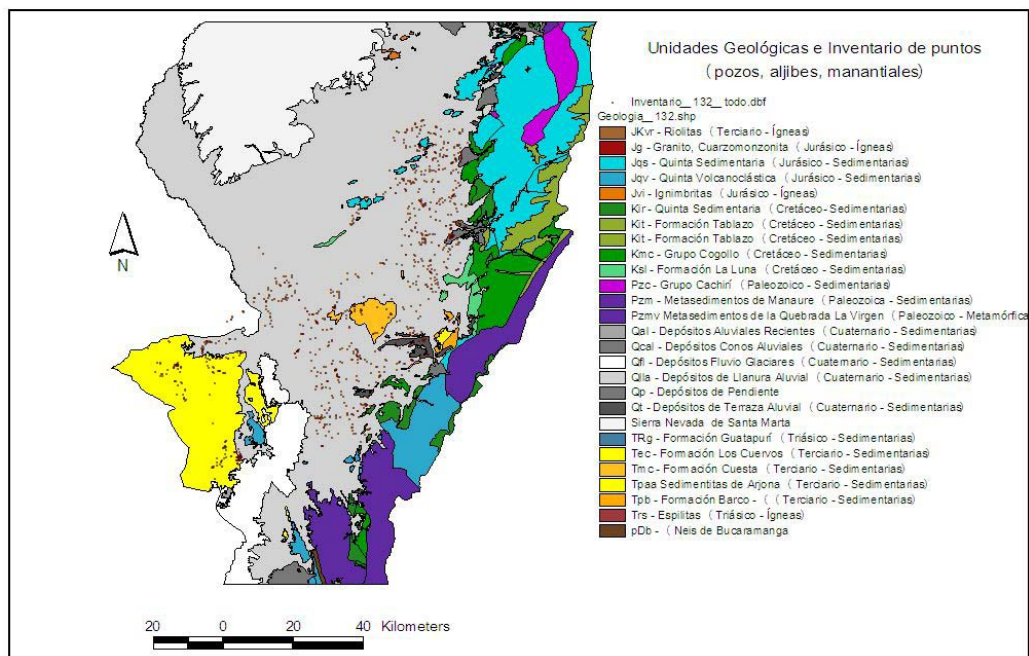


Figura 119. Mapa geológico e inventario de puntos de agua.

8.1 Inventario Municipio de Codazzi.

En la tabla 86 se presentan las características de las captaciones del municipio de Agustín Codazzi.

➤ Aljibes.

En su mayoría son utilizados para abastecimiento doméstico sin consumo humano, así mismo en menor escala para irrigación de cultivos y ganadería; actualmente se encuentran muchos de éstos ubicados en cercanías a pistas de fumigación completamente destapados, cerca o dentro de corrales de ganado, por lo que muchos de éstos están en estado de abandono, obstruidos con basuras y en reserva; la explotación es realizada por baldeo manual, en algunos predios los sistemas de bombeo utilizados son turbinas y motobombas eléctricas y a combustible con potencias entre 0.5 - 8 HP y en algunos casos se utilizan molinos de viento, Foto 31.



Foto 31. Aljibe en la propiedad del Sr. Enoc Argote, cabecera municipal Codazzi.

➤ Pozos

La gran mayoría de estos se encuentran ubicados en las áreas rurales, específicamente en las áreas donde se llevan a cabo las actividades agropecuarias e industriales de la región como los cultivos de palma africana, en donde son utilizados para irrigación y en los ingenios de caña de azúcar y las extractoras de aceite de palma, en donde son utilizados para abastecer las necesidades de agua para llevar a cabo sus procesos industriales; además son utilizados para satisfacer el abastecimiento doméstico, las actividades ganaderas y el consumo humano. Casi en su totalidad se encuentran en estado de producción, de igual manera existen otros que se encuentran en estado parcialmente abandonados y en estado de reserva; son explotados mediante motobombas eléctricas y a combustible y los mas profundos con bombas sumergibles eléctricas Foto 32, 33, 34

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Fotos 32. Pozos profundos para riego de la Hacienda Suárez.



Foto 33 Pozo profundo con bomba sumergible de eje vertical que abastece los cultivos de Palmas Montecarmelo (Agustín Codazzi)



Foto 34. Pozo profundo que abastece los cultivos de palma de la empresa Oleaginosas de Casacará

➤ **Aljibe-Pozos**

Se encontraron captaciones de este tipo en predios rurales; entubados con tuberías de 6 pulgadas en PVC. Los aljibes son contruidos mediante taladrados manuales desde profundidades iniciales hasta donde fueron contruidos los aljibes inicialmente. Son recavados con la finalidad de captar una capa acuífera que proporcione mayor caudal y agua de mejor calidad.

➤ **Manantiales**

Se encuentra en estado natural y su uso es recreativo, localmente son encauzado y represados mediante estructuras de concreto; otros usos son para la agricultura, ganadería, abastecimiento público y consumo humano. Foto 35.

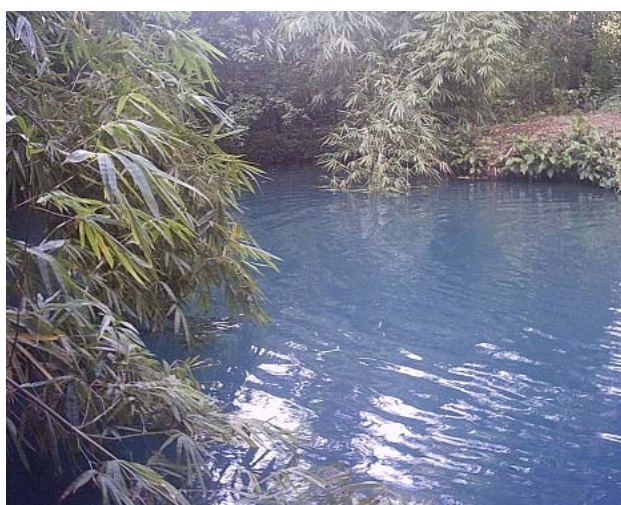


Foto 35. Manantial Pozo Azul



**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

8.2 Inventario Municipio de Becerril

En la tabla 87 se presentan las características de las captaciones del municipio de Becerril

➤ Aljibes.

La mayoría de éstos son utilizados para abastecimiento doméstico, algunos para consumo humano; actualmente la mayoría de éstos se encuentran en estado de producción; la explotación en su mayoría es por baldeo y en algunos predios se utilizan sistemas de bombeo que incluyen turbinas y motobombas eléctricas y a combustible; la gran mayoría de éstos se encuentran destapados y algunos ubicados contiguo o interno a los corrales de ganado. Foto 36.



Foto 36. Aljibe típico área rural de Becerril.

➤ Pozos.

La gran mayoría de los pozos fueron construidos para ganadería y riego en las áreas rurales, específicamente para riego de los cultivos de palma africana; pero en la actualidad están en estado de reserva y tapados completamente; sin equipos de explotación instalados y algunos de éstos están siendo utilizados para abastecimiento doméstico. Foto 37.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Foto 37. Pozo profundo Palmeras de Alamosa.

➤ **Manantiales.**

Los manantiales son perennes, disminuyen su caudal en épocas de verano, localmente emanan gases con alto contenido de azufre. Foto 38.



Foto 38. Panorámica manantial azufreal, sobre el lecho del río Maracas.



**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

8.3 Inventario Municipio de Chimichagua

En la tabla 88 se presentan las características de las captaciones del municipio de Chimichagua.

➤ Aljibes.

La mayoría de éstos son utilizados para abastecimiento doméstico, en las cabeceras urbanas son utilizados en caso de daños en el acueducto local; la mayoría de éstos no son utilizados para consumo humano excepto en algunas áreas rurales, así mismo se usan para abastecer abrevaderos de ganado e irrigar cultivos frutales; actualmente la mayoría de éstos se encuentran en estado de producción; la explotación en su mayoría es por baldeo y en algunos predios se utilizan sistemas de bombeo que incluyen turbinas y motobombas eléctricas y a combustible; con potencias entre 0.25 y 7.5 HP; la gran mayoría de éstos se encuentran destapados y algunos ubicados cerca a corrales de ganado, Foto 39.



Foto 39. Aljibe típico del Hotel Chimila, cabecera de Chimichagua

➤ Pozos.

En muchas áreas aledañas al complejo de la Ciénaga de Zapatosa, existen pozos saltantes, es decir el agua subterránea alcanza a subir a un nivel por encima del terreno. Existen pozos tanto en las áreas rurales como en la cabecera municipal; éstos últimos son utilizados para abastecer los pozos de los acueductos locales los cuales fueron entubados en hierro, Foto 40 y 41.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR



Foto 40. Pozo de abastecimiento de la cabecera municipal de Chimichagua



Foto 41. Pozo ubicado al interior del Casco urbano del Municipio de Chimichagua

➤ **Manantiales.**

Este tipo de fuente hídrica subterránea fue observada en algunos sectores del municipio de Chimichagua; existe alguna preocupación por la presencia de residuos de granjas avícolas y porcícolas cerca de una de éstas. En general son utilizados para abastecimiento doméstico; además se encuentra un manantial de tipo perenne el cual es utilizado en verano por finqueros para regar cultivos de pan de azúcar.



**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

8.4 Inventario Municipio de Chiriguaná

En la tabla 89 se presentan las características de las captaciones del municipio de Chiriguaná.

➤ Aljibes.

La mayoría de éstos son utilizados para abastecimiento doméstico, en las cabeceras urbanas son utilizados en caso de daños en el acueducto local; la mayoría de éstos no son utilizados para consumo humano excepto en algunas áreas rurales, así mismo para abastecer abrevaderos de ganado; la explotación en su mayoría es por baldeo manual y en algunos predios con sistemas de bombeo que incluyen turbinas y motobombas eléctricas de potencias que oscilan entre los 2 Hp, Foto 42.



Foto 42. Aljibe comunitario de Chiriguana.

➤ Pozos.

Son utilizados como la principal fuente de abastecimiento público para la mayoría de las localidades del municipio de Chiriguaná; así como también vienen siendo utilizados para abastecer pequeños sistemas de distritos de riego para pasto de corte y en la región donde se cultivan palma africana, así mismo también son utilizados para la ganadería. Su explotación se realiza mediante equipos de bombeo eléctricos y a combustible, así como también se observó en algunas áreas rurales la utilización de bombas manuales tipo pistón, Foto 43 y 44.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Foto 43 ..Pozo de abastecimiento de la cabecera municipal de Chiriguáná



Foto 44. Pozo Profundo en La Aurora, (Municipio de Chiriguáná)

➤ **Manantiales.**

Se encuentran localizados en áreas con topografías suavemente escarpadas hacia las localidades de Arenas Blancas y Poponte, constituyéndose en una de las fuentes hídricas subterráneas de mayor importancia para éstas, debido a que proporcionan agua de buena calidad y en cantidades considerables; actualmente las aguas provenientes de éstos es conducida hacia unas albercas de almacenamiento, en donde son utilizadas luego para proveer de este recurso a los dueños de la finca en donde se encuentran, los cuales la utilizan para abastecimiento doméstico, consumo humano y ganadería. Su aprovechamiento se realiza por gravedad, encausando el agua hacia el almacenamiento.



**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

8.4 Inventario Municipio de EL Paso

En la tabla 90 se presentan las características de las captaciones del municipio de EL Paso.

➤ Aljibes.

Se pudo observar una alta explotación del agua subterránea mediante este tipo de captación tanto en las áreas rurales como urbanas; sólo que en la mayoría de la población rural el agua es utilizada para abastecimiento doméstico, ganadería, irrigación y consumo humano.

En la mayoría de estas captaciones en el área rural se encuentran muy desprotegidas y ubicadas cerca de muchas fuentes de contaminación como lo son los corrales de ganado y las posas sépticas; localmente en el área urbana muchos de ellos se encuentran en estado de reserva y se utilizan eventualmente para abastecimiento doméstico.

En la localidad de El Hatillo se observó que la gran mayoría de aljibes se encuentran sin revestimiento (hueco abierto), lo que los expone a la contaminación; algunos presentan ph ácidos. Foto 45, 46 y 47.



Foto 45. Aljibe para uso doméstico empresa Drummond



Foto 46. Aljibe para uso doméstico de la empresa Drummond



Foto 47. Aljibe para uso doméstico de la empresa Prodeco.

➤ Pozos.

Son utilizados como la principal fuente de abastecimiento público para la mayoría de las localidades del municipio de El Paso; así como también vienen siendo utilizados para abastecer distritos de riego y en los complejos carboníferos de La Loma y Plan Bonito para abastecer sus carotantes y demás maquinarias utilizadas para el arreglo de vías, también son utilizados para abastecer las necesidades hídricas de los cultivos de palma africana y la ganadería. Su explotación se realiza mediante equipos de bombeo eléctricos y a combustible, así como también se observó en algunas áreas rurales la utilización de molinos de viento. Foto 48 y 49,

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Foto 48. Pozo profundo Nro.3, que abastece el corregimiento de La Loma (El Paso).



Foto 49. Pozo profundo Nro. 10, de la Compañía Drummond Ltd.

➤ **Manantiales.**

En el área inventareada correspondiente al municipio del Paso no se ha encontrado hasta la fecha ninguna ocurrencia de agua subterránea de esta manera.



**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

8.6 Inventario Municipio de La Jagua de Ibirico

En la tabla 91 se presentan las características de las captaciones del municipio de La Jagua de Ibirico.

➤ Aljibes.

La captación a través de los aljibes es mucho más frecuente, éstos son utilizados para abastecimiento doméstico, irrigación y ganadería en cada una de las localidades y fincas ubicadas más que todo en las áreas rurales. Su explotación es realizada en su gran mayoría mediante baldeo manual y en otras ocasiones con sistemas de bombeo que incluyen turbinas y motobomba eléctricas y a combustible, Foto 50.



Foto 50. Aljibe y tanque elevado, corregimiento de Boquerón (La Jagua de Ibirico).

➤ Pozos

La cabecera municipal de La Jagua se abastece con agua proveniente del Río Tucuy, por lo cual hasta el momento no se ha hecho necesario la construcción de pozos; en cambio en muchas localidades como La Palmita, Boquerón, Michoacan, entre otras se abastecen actualmente de agua subterránea para uso doméstico y consumo humano.

Los equipo de bombeo utilizados incluyen bombas sumergibles y motobombas eléctricas y a combustible, Foto 51 y 52.



Foto 51 Pozo corregimiento Los Palmitos (zona norte)



Foto 52. Pozo de abastecimiento de agua del corregimiento Los Palmitos (zona sur)

➤ **Manantiales.**

Los manantiales se caracteriza por ser perennes y en algunos predios en donde se encontraron éstos se han construidos aditamentos en concreto para represar el agua que emana. Su utilización es muy diversa en actividades como consumo humano, ganadería y abastecimiento doméstico. En el anexo C se presentan las características de las captaciones del municipio de La Jagua de Ibirico.



**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

8.6 Inventario Municipio de Astrea

En la tabla 92 se presentan las características de las captaciones del municipio de Astrea.

➤ Aljibes.

La mayoría de los aljibes son utilizados para abastecimiento doméstico, sin consumo humano; actualmente la mayoría de éstos se encuentran en estado de producción; la explotación en su mayoría es por baldeo y en algunos predios se utilizan sistemas de bombeo que incluyen turbinas y motobombas eléctricas y a combustible con potencias entre 0.25 - 8 HP.

➤ Pozos.

La gran mayoría de estos son utilizados para abastecimiento público y consumo humano y la gran mayoría de los que se encuentran en los predios rurales son utilizados para ganadería; son explotados mediante motobombas eléctricas y a combustible, bombas sumergibles eléctricas con potencias entre 1 - 25 HP; en las cabeceras de Astrea y Arjona se encuentran algunos pozos que anteriormente abastecían sus acueductos y que se encuentran entubados con tuberías de hierro en estado parcialmente abandonados y en PVC en estado de reserva. Foto 53 y 54.



Foto 53. Pozo profundo construido en las afueras del
Perímetro corregimiento de Arjona (Astrea)



Foto 54: Pozo profundo corregimiento de Santa Cecilia. (Astrea)

➤ **Aljibe-Pozos.**

Se encuentran localmente este tipo de captaciones en algunos predios rurales; los cuales consisten en la excavación inicial de un aljibe, el cual luego fue profundizado con un taladro manual y entubado en PVC para captar una capa acuífera más profunda

➤ **Manantiales.**

Los manantiales están encerrados con anillos de concreto y presentan en la actualidad un buen estado de conservación y utilizados para consumo humano.



**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

8.7 Densidad de puntos inventariados.

El área de estudio del convenio presenta densidades de puntos por Km² que pueden variar de acuerdo a los intervalos establecidos entre (0.2-0.4) en el área rural de las cabeceras municipales; a presentarse núcleos que presentan intervalos cuyos límites están entre 1.21 a 1.61 puntos por Km². Figura 120.

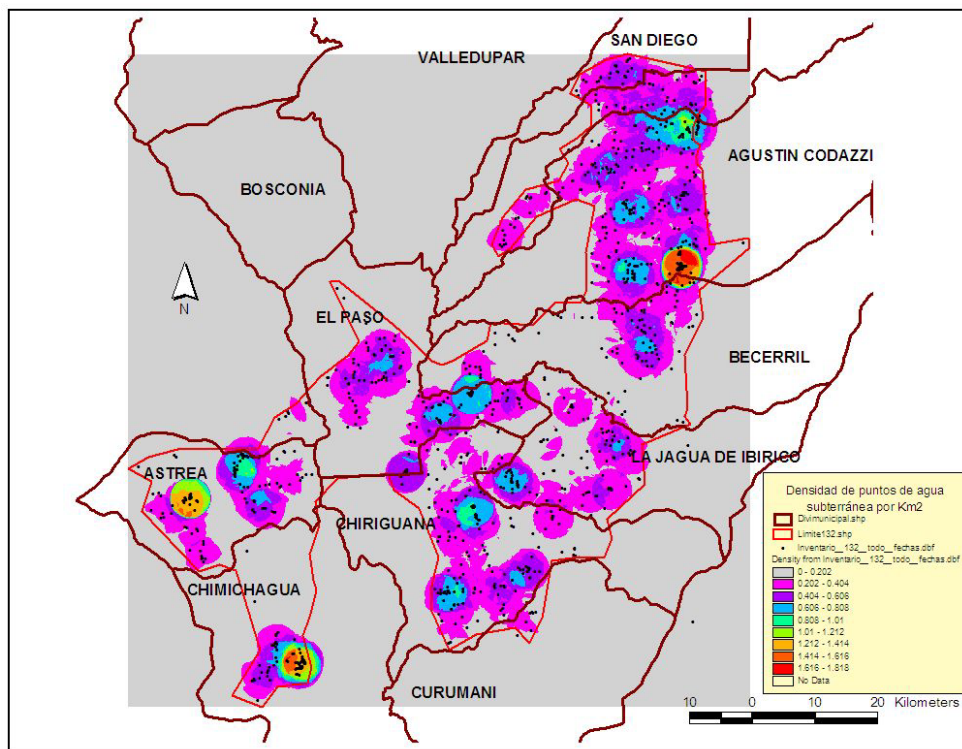


Figura 120 .Densidad de puntos de captación, por unidad de superficie

En la figura anterior se observa que la densidad de puntos de captación en general es del orden de 0.31 puntos /km². En algunos sectores del área del convenio se tienen densidades menores de 1 punto /km², hasta cerca de 24 a 27 puntos /km², especialmente en zonas urbanas o corregimentales como Casacará y Astrea. Localmente en poblaciones como el Hatillo, Potrerillo, Chimichagua se observan densidades del orden de 9 a 15 puntos /km², evidenciando que en el Valle del Río Cesar, las áreas más pobladas son donde se ejerce mayor presión sobre el recurso hídrico por parte de un mayor número de personas, sin que esto quiera decir que sea en donde más se extraiga en términos de caudal (l/seg), lo cual hace evidente la dependencia de la población que allí habita de los recursos hídricos subterráneos.

En el área del proyecto se inventariaron puntos de agua (pozos, aljibes) que se encuentran en las zonas de proyectos de explotación de gran minería, lo que nos indica que su densidad de explotación se encuentra localmente entre 0.2 a 0.80 puntos /km², Figura 121.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

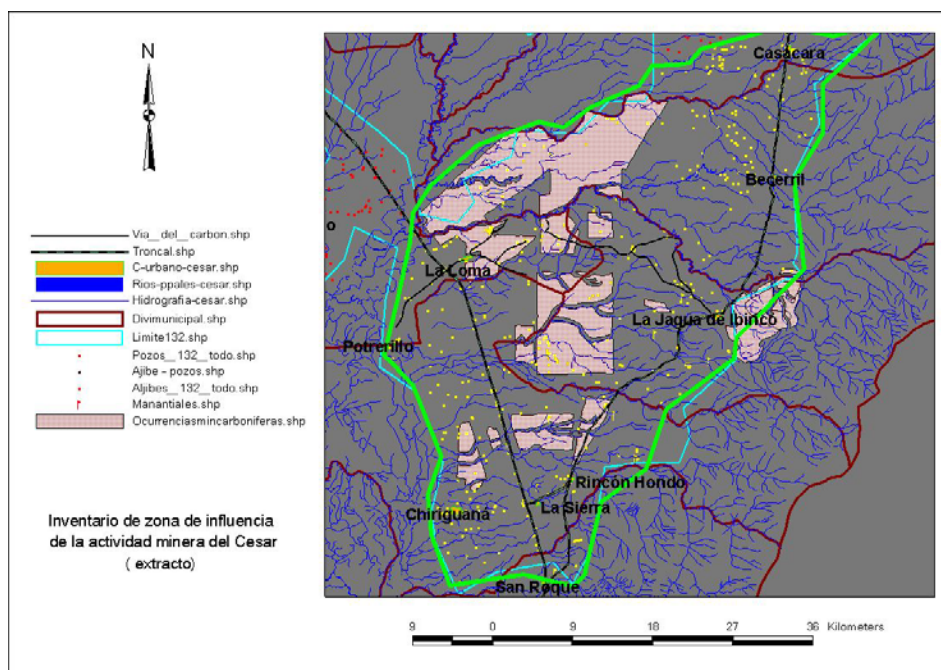


Figura 121. Inventario de puntos de agua en la zona minera
en el área del convenio 132-2003

Si se considera el inventario desde el punto de vista de las cuencas hidrográficas superficiales definidas por Corpocesar en su Atlas Ambiental del año 2005; los puntos de agua inventariados en un área de 3616 Km² del convenio 132-2003 se distribuyen de la siguiente manera; tabla 93

Tabla 93. Distribución de las captaciones por Cuencas Hidrográfica.

Cuenca Hidrográfica	Aljibes	Pozos	Manantial	Aljibe Pozo	Total
Arroyo Perete	33	9	1		43
Arroyo San Antonio	207	84	7		298
Drenajes directos al río Cesar	24	3			27
Arroyo Suhares	9	13	1		23
Quebrada Anime Grande	10	4	3		17
Quebrada Arjona	61	26	1	5	93
Río Ariguaní	32	8	1	2	43
Río Calenturitas	65	24	2		91
Río Casacará.	156	57	1		214
Río Fernambuco	105	55	2		162
Río Magiriaiimo	23	8	1		32
Ciénaga de Zapatosa	52	21	2		75
Total					1118



**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

La tabla 86 indica que en las cuencas superficiales San Antonio, Casacará, Fernambuco, Calenturitas es donde se han construido más captaciones para el aprovechamiento de las aguas subterráneas. Es importante recordar que en estas cuencas es donde se realiza la actual y proyectada actividad de la gran minería del carbón a cielo abierto, por lo tanto las actividades de legalización de las concesiones de agua subterráneas; el seguimiento y monitoreo de la calidad y cantidad del recurso hídrico subterráneo; el seguimiento y cumplimiento a los planes de manejo del recurso hídrico de las compañías mineras que hacen uso actual y futuro de este recurso, se debe fortalecer por parte de los entes del orden nacional, departamental, municipal, particular y privado que comparten responsabilidades de acuerdo a sus roles y competencias ambientales

9. GEORREFERENCIACIÓN

La georreferenciación de puntos de agua se realizó en puntos de agua (pozos, aljibes), previo la selección de puntos del inventario realizado en la unidades geológicas que forman sistemas acuíferos de interés hidrogeológico.

El sistema de posicionamiento global GPS puede ser empleado en la extensión del control vertical sobre aquellas zonas en donde **no se cuenta con puntos de nivelación** y la precisión requerida esta dentro del orden trigonométrico. Las posibilidades de operabilidad en cualesquiera hora, condiciones climáticas y del relieve permiten que el sistema GPS, unido a un **modelo geoidal** de alta resolución, sea una herramienta poderosa y económica en la determinación de nuevos puntos de referencia para propósitos geodésicos o topográficos. (Tomado de IGAC, 2004).

➤ METODOLOGÍA EN CAMPO

- ✓ El tiempo mínimo de rastreo sobre un punto debe ser de 15 minutos contados a partir de la estabilización del equipo y la disponibilidad mínima de 4 satélites.
- ✓ Por cada kilómetro de distancia a la base se hacen 5 minutos adicionales. En casos en que la configuración del sistema sea excelente, el tiempo adicional por cada kilómetro puede reducirse a 3 minutos.
- ✓ No debe haber tiempos de rastreo menores de 13 minutos.
- ✓ Debe evitarse realizar rastreos sobre distancias mayores que 20 Km. En los casos en que estas condiciones no se puedan cumplir, es necesario aumentar los tiempos de rastreo.
- ✓ Se sugiere como una forma de mejorar los resultados, ejecutar rastreos dobles sobre cada punto involucrado, esto, con el ánimo de disminuir la ocurrencia de errores de tipo sistemático o aleatorio.
- ✓ Los Nps ocupados deben ser, preferiblemente de primer nivel,

Para determinar la altura de un punto (pozo, aljibe) sobre el nivel medio del mar se tomaron en las diferentes campañas de georreferenciación y nivelación, como base inicial los puntos geodésicos MAGNA-SIRGAS más cercanos al área del proyecto. Para el caso específico del convenio CORPOCESAR-IDEAM se partió de la triangulación de los puntos MAGNA-SIRGAS GPS- certificados por el IGAC, ubicado en las bases denominadas carrilera tren becerril, Base casa de Zinc, Base Jagua de Ibirico, Fotos 55 a 60.

➤ METODOLOGÍA EN OFICINA

Los datos que deben utilizarse en oficina para obtener la altura nivelada por medio de GPS, del punto nuevo son: Altura Elipsoidal del vértice geodésico y la ondulación geoidal de todos los puntos involucrados.

Una vez recopilada la información en campo y procesadas las coordenadas latitud, longitud y altura elipsoidal de cada estación o punto rastreado, la determinación de alturas sobre el

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,**

nivel medio del mar (msnm) obtenidas a partir de datos crudos de información GPS se guardan en unas tarjetas PCMCIA de 16 mb. Tanto en la base como en los móviles, estos



Foto 55. Base Cruce del ferrocarril en Chiriguaná.



Foto 56 Base GPS Casa de Zinc

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,**



Foto 57. Base GPS La Jagua de Ibirico.



Foto 58. Base GPS La Loma de Calenturitas.

datos en forma de archivos fueron llevados a un Software llamado Ski pro donde se siguieron los pasos para realizar el pos-proceso de los datos GPS obtenidos en el campo.



Foto 59. Antena receptora del equipo GPS System 500



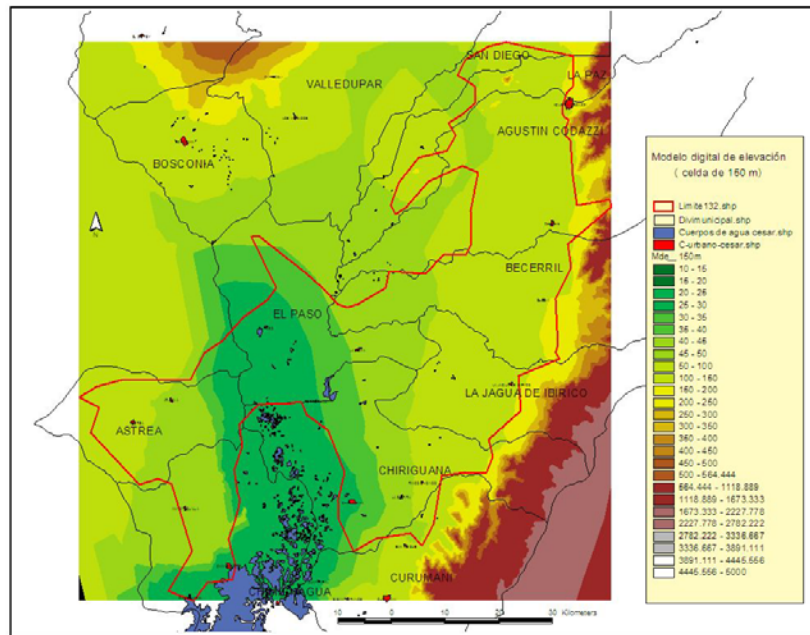
Foto 60. Nivelación de un aljibe típico en el área de estudio.

Los puntos de agua seleccionados y los que se les obtuvo la cota en metros sobre el nivel del mar se presentan en la tabla No en Anexo.

Con el fin de poder referenciar todas las medidas de profundidad del nivel estático, dinámico o de recuperación del agua subterránea en todos los puntos inventariados, al igual que las de profundidad de la captación, al nivel o cota del terreno, se procedió a estimarlas por medio de

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,**

la utilización de aplicativos o módulos que se ejecutan a través de los sistemas de información; generando inicialmente un modelo digital del terreno, el cual se interrelaciono con las coordenadas de los puntos inventariados, obteniéndose la cotas de los todos los puntos inventariados sobre el terreno, Figura 122.



10. MODELO DE FLUJO DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS

El inventario de puntos de agua ha permitido construir el modelo de flujo de aguas subterráneas para los sistemas acuíferos de interés hidrogeológico para el área del convenio 132-2003. Las cotas piezométricas obtenidas a partir de las correcciones del nivel estático con respecto al nivel o cota del terreno permitió modelar la dinámica de las aguas subsuperficiales que son captadas por aljibes y pozos de poca profundidad que captan las primeras capas acuíferas de los sistemas acuíferos Depósitos Cuaternarios de Llanura Aluvial (Qlla), Depósitos Cuaternarios de Cono Aluvial (Qcal), Depósitos Cuaternarios de Terraza Aluvial (Qt), la Formación Cuesta (Tmc) y la Formación Sedimentitas de Arjona (Tpaa), las cuales se extienden superficialmente y en el subsuelo del área de estudio.

Los modelos de flujo generados permiten conocer la dinámica de las aguas subsuperficiales desde sus zonas de recarga, tránsito y descarga semiregional a local para diferentes sectores del área del convenio.

En la figura 123 se muestra el modelo de flujo a nivel semiregional para toda el área del convenio 132-2003 en donde las zonas de recarga se ubican hacia la zona del piedemonte (tonos azules intensos) en los municipios de Agustín Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico y Astrea ; los tonos azules moderados (zona de tránsito) se ubican en la zona rural de los municipios de los municipios anteriores, incluyendo el municipio de Chiriguaná ; los tonos azules tenues (zonas de descarga) se ubican hacia el cauce del río Cesar y la Ciénaga de Zapatoza.

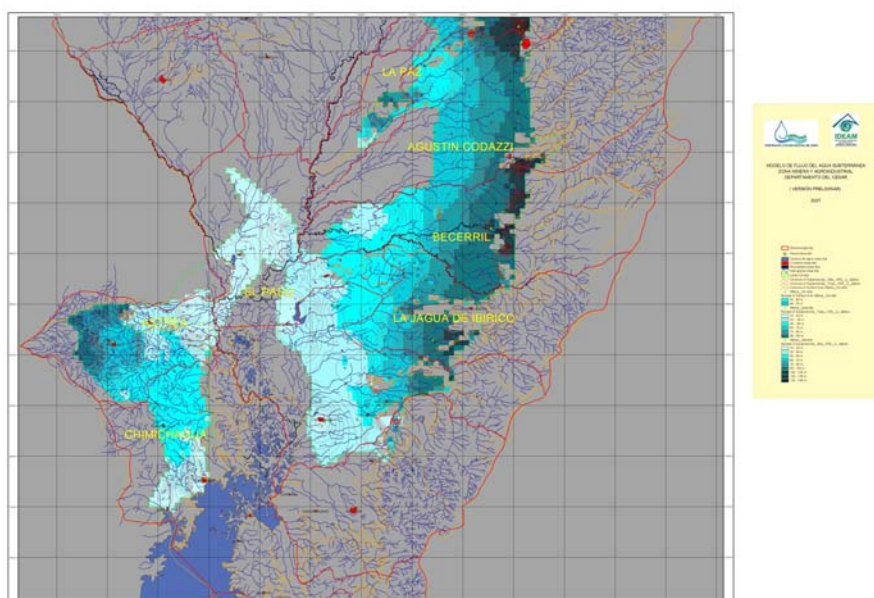


Figura 123. Modelo de Flujo del área del convenio 132-2003.

Desde el punto de vista geológico las zonas de recarga se ubican en el pie de monte de la Serranía del Perijá, donde los sistemas acuíferos de Llanura Aluvial (Qlla), Cono Aluvial (Qcal), Terraza (Qt) se ponen en contacto con unidades geológicas del cretáceo tales como el Grupo Cogollo (Kmc), la Formación Riónegro (Kir), la Formación la Luna (ksl) o la formación la Quinta Sedimentaria (Jqs). Al oeste del municipio de Astrea se ubica una zona de recarga de las aguas subterráneas de la Formación Sedimentitas de Arjona (Tpaa) ; posteriormente el agua fluye hacia el oeste y suroeste de la cabecera de Astrea donde se encuentran la zonas de transito y la zona descarga, específicamente el río cauce del río Cesar y la Ciénaga de Zapatosa respectivamente.

Los modelos de flujo de aguas subterráneas para la primera capa acuífera a tabla de agua (acuífero libre) de las formaciones anteriores reflejan para el periodo octubre noviembre de 2004 la misma dinámica de flujo mencionada anteriormente; es decir zonas de recarga (tonos azules intensos), zonas de transito (tonos azules moderados a bajos) y zonas de descarga (tonos verdes), Figura 124.

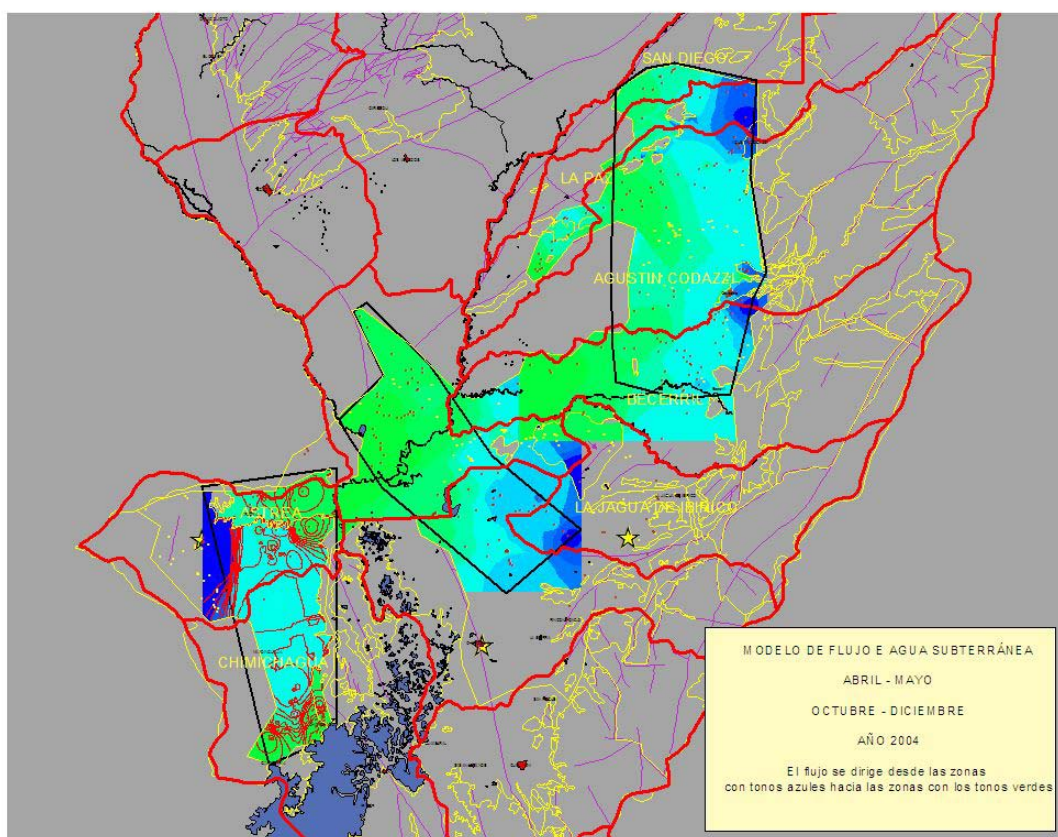


Figura 124 .Modelo de flujo semiregional del agua subterránea para la primera capa acuífera para el periodo octubre a diciembre de 2004.

10.1 Modelo de Flujo Municipio de Agustín Codazzi.

El modelo de flujo del sistema acuífero llanura aluvial (Qlla) en el municipio de Agustín Codazzi muestra una dirección noreste hacia el suroeste; las variaciones en la magnitud de las líneas equipotenciales varían del orden de 150 m (zonas de recarga) a 60 m (zonas de descarga). Al sur de Codazzi se presentan el flujo presenta direcciones este-oeste (líneas equipotenciales del orden de 95 m), al suroeste de Codazzi el flujo presenta una dirección suroeste-noreste sobre las equipotenciales de 78 m a 60 m, Figura 125.

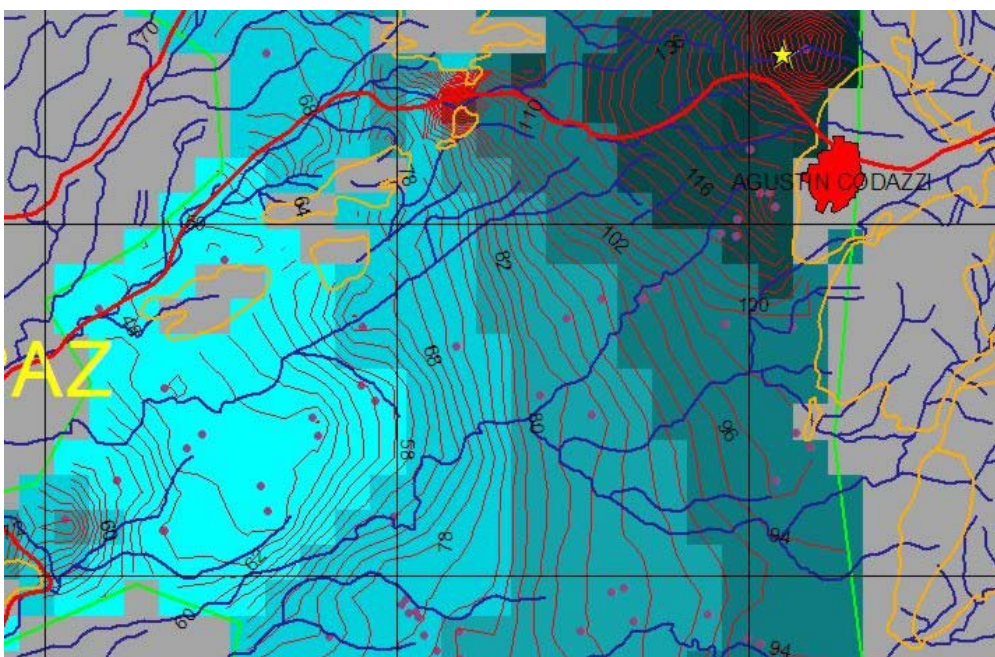


Figura 125. Modelo de flujo de aguas subterráneas para los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) en el municipio de Codazzi.

10.2 Modelo de Flujo Municipio de Becerril

El modelo de flujo del sistema acuífero llanura aluvial (Qlla) en el municipio de Becerril muestra varias direcciones, desde la cabecera municipal; (suroeste-noreste), (este-oeste), desde la zona de recarga (equipotencial de 120 m aproximadamente). Las zonas de tránsito a descarga indican valores en las equipotenciales que varían en magnitud de 90 a 40 m aproximadamente.

En la figura 126 anterior se observa que el flujo sobre cauce principal del río Maracas presenta una dirección muy similar al modelo de flujo subterráneo anterior, es decir este-oeste; localmente drenajes secundarios de este río fluyen oblicuo o perpendicular a la dirección de flujo subterráneo.

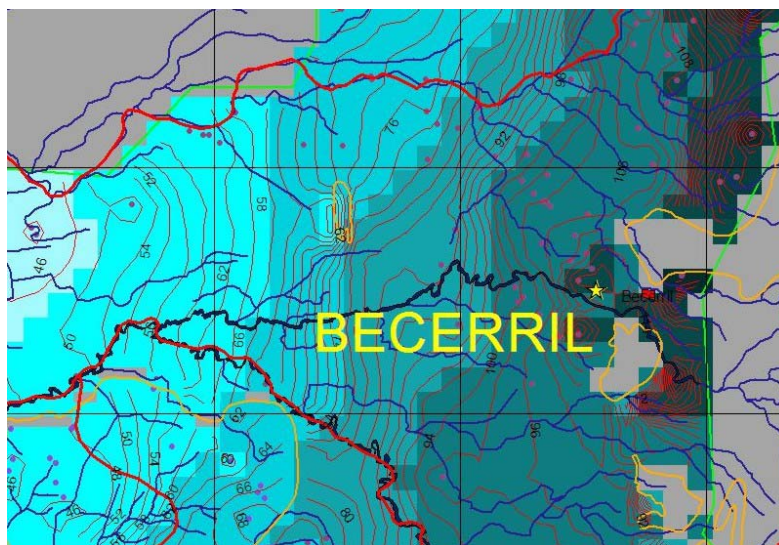


Figura 126. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla) en el municipio de Becerril.

10.3 Modelo de Flujo Municipio de La Jagua de Ibirico.

El modelo de flujo del sistema acuífero llanura aluvial (Qlla) para la zona rural del municipio de La Jagua de Ibirico muestra una dirección este-oeste desde el contacto geológico de los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) con los Depósitos de Terraza (Qt), equipotencial de 100 m a 110 m. Al norte de la cabecera y con la misma situación geológica anterior, se presenta una dirección del flujo suroeste-noreste. Las zonas de transito a descarga indican valores en las equipotenciales que varían en magnitud de 90 a 40 m aproximadamente, Figura 127.



Figura 127. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla) en el municipio de La Jagua de Ibirico.

10.4 Modelo de Flujo Municipio de Chiriguaná

El modelo de flujo del sistema acuífero llanura aluvial (Qlla) para la zona rural del municipio de Chiriguaná muestra una dirección noreste-suroeste desde el contacto geológico de los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) con los Depósitos de Terraza (Qt) o la Formación Río negro (Kir), equipotencial de 100 m a 110 m (zonas de transito), hacia el contacto de la llanura aluvial con el complejo de ciénagas que conforman la ciénaga de zapatosa., equipotenciales de 30 m (zona de descarga). Figura 128.

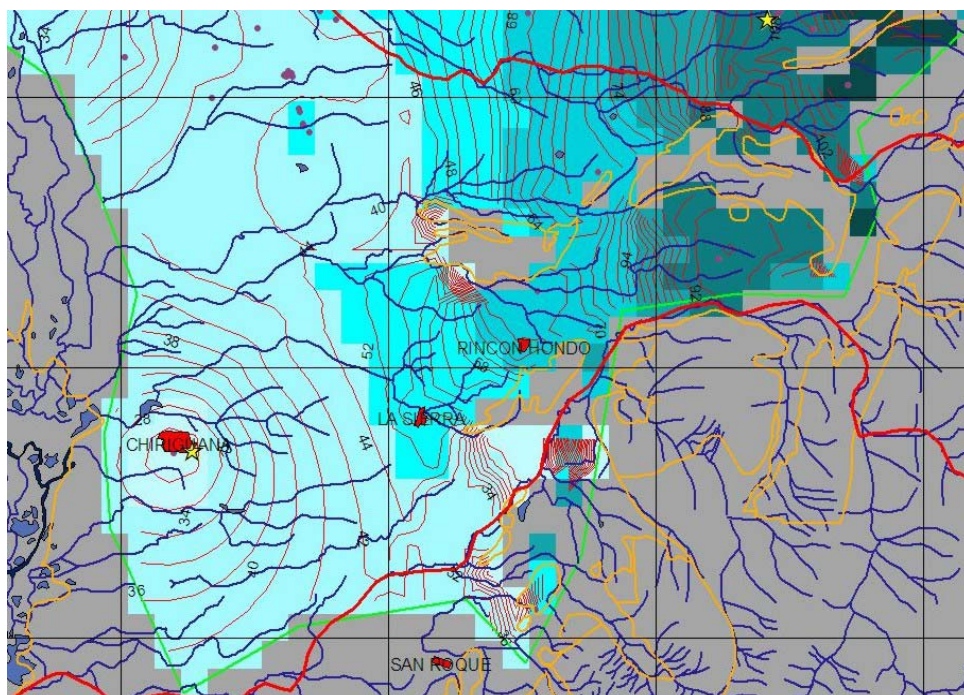


Figura 128. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla) en el municipio de Chiriguaná.

10.5 Modelo de Flujo Municipio de EL Paso.

El modelo de flujo del sistema acuífero llanura aluvial (Qlla) para la cabecera del municipio de El Paso (zona de descarga regional) muestra una dirección noroeste-sureste desde el río cesar donde se presentan equipotenciales de 30 m a 35 m, hacia el área de influencia de la ciénaga del paso y el río Ariguaní donde se presentan equipotenciales del orden de 15 a 18 m, Figura 129.

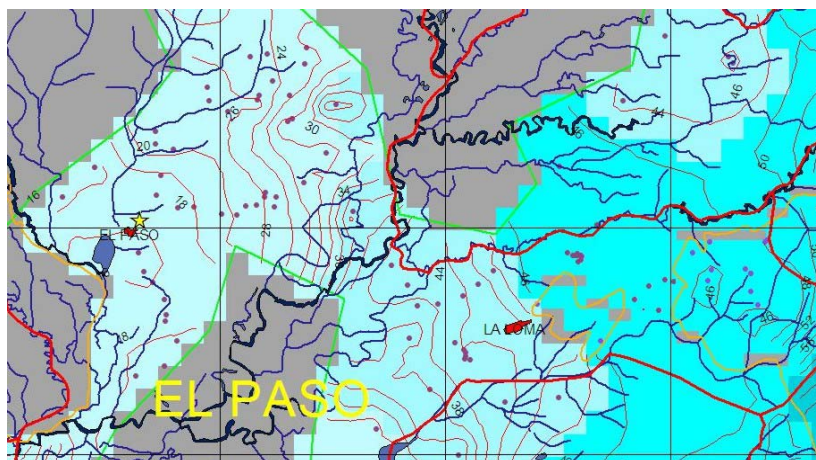


Figura 129. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla) en el municipio de El Paso.

El modelo de flujo del sistema acuífero llanura aluvial (Qlla) para la zona rural del municipio de El Paso, muestra una dirección noreste-suroeste y este oeste, desde el contacto geológico de los Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) con el contacto geológico con la Formación Cuesta (Tmc), donde ubican equipotenciales de 50 m (zonas de tránsito), hacia el complejo de ciénagas que conforman la ciénaga de zapatosa., equipotenciales de 30 m (zona de descarga). Figura 130.



Figura 130. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Depósitos de Llanura Aluvial del Río Cesar (Qlla) en el municipio de El Paso.

En el área que delimita la Formación Cuesta (Tmc), se observa un modelo de flujo local a semiregional preliminar cuya dirección es sureste-noreste de acuerdo a los aljibes inventariados, es de esperarse que dicho modelo de flujo sea controlado por los ejes de los pliegues (Sinclinal de La Loma, Anticlinal de Tucuy, Sinclinal Loma de los Venados) que controlan estas estructuras.

10.6. Modelo de Flujo Municipio de Chimichagua.

El modelo de flujo del sistema acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa) para el municipio de Chimichagua muestra una dirección noroeste-sureste desde la cabecera municipal de Astrea donde se encuentra la zona de recarga hacia la zona de tránsito (corregimiento de Mandinguilla) donde se presentan equipotenciales de 40 a 50 m y finalmente hacia el contacto geológico con la Ciénaga de Zapatosa donde se presentan equipotenciales de 30 a 25 m.

Es importante destacar que en la época de lluvias, se observó que algunos aljibes y pozos de poca profundidad, ubicados cerca de la ciénaga de zapatosa, su nivel estático se presentaba por encima del terreno, rebosaba sobre la boca del pozo, adquiriendo en esos momentos un carácter saltante. Figura 131.



Figura 131. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Sedimentitas de Arjona (Tpaa) en el municipio de Chimichagua.

10.7 Modelo de Flujo Municipio de Astrea.

El modelo de flujo del Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa) para el municipio de Astrea muestra una dirección noroeste-sureste en la cabecera municipal de Astrea donde se encuentra la zona de recarga (equipotencial de 70 m); hacia las zonas de tránsito (Corregimiento de Arjona) equipotenciales de 44 a 38m y finalmente hacia el cauce del río Cesar (zona de descarga), equipotencial de 22 a 26 m.

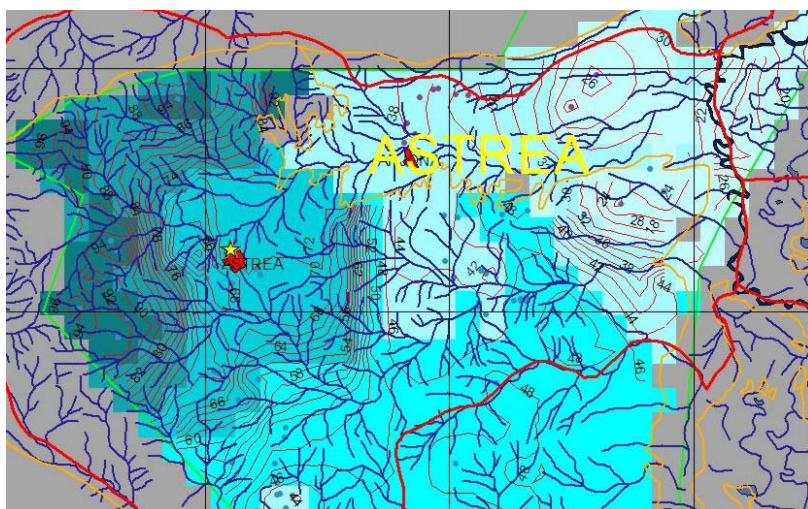


Figura 132. Modelo de flujo de aguas subterráneas para la unidad Sedimentitas de Arjona (Tpaa) en el municipio de Astrea.



APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,

11. CARACTERIZACION FISICO QUIMICA Y BACTERIOLOGICA

La caracterización físico química y bacteriológica de las aguas subterráneas en las Ecorregiones del Valle del Río Cesar y Valle del Río Magdalena, Departamento del Cesar”, se realizó para conocer las características físico químicas y bacteriológicas de las captaciones (pozos, aljibes y manantiales) que captan las unidades hidrogeológicas del área del convenio. En igual forma se definió la calidad del agua subterránea para consumo humano, irrigación y uso industrial.

Los análisis de los cationes y aniones de las aguas subterráneas de las captaciones seleccionadas para realizar la caracterización química permitió definir su clasificación geoquímica.

11.2 .METODOLOGIA

El procedimiento para realizar la caracterización siguió los protocolos de muestreo, preservación, análisis y los resultados e interpretación.

11.2.1 Muestreo.

En los municipios de Agustín Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibérico, Astrea, Chimichagua, El Paso y Chiriguaná, se tomaron muestras de agua subterráneas previamente seleccionadas de puntos de agua inventariados de las unidades hidrogeológicas del área de estudio. Para la toma de muestras y su preservación, se aplicaron recomendaciones dadas por APHA, AWWA, WPCF.

Los puntos de agua seleccionados se ubican en las siguientes planchas del IGAC a escalas 1:25000:

➤ Municipio de Agustín Codazzi:

Planchas: 41IVC, 41ID, 41IIA, 41IA, 41IIC, 41IB, 34 IIIB, 34 IIIC, 34 IIID, 34 IVC.

➤ Municipio de Becerril:

Planchas: 41 IIIB y 41 IVA

➤ Municipio de La Jagua de Ibérico:

Planchas: 41-III-D

➤ Municipio de Astrea:

Planchas: 47 IC, 47 ID, 47 IIIA, 47 IID y 47 IIIB;

➤ **Municipio de Chimichagua:**

Planchas: 47 IIIB, 47 IIID y 55 IB;

➤ **Municipio de Chiriguaná:**

Planchas; 47 IVD, 47 IVB, 48 IIIA, 48 IIIC y 55 IIB.

➤ **Municipio de El Paso:**

Planchas; 47 IIA, 47 IIB, 47 IID, 40 IVC, 40 IVD, y 48 IA.

Los materiales y equipos utilizados para el desarrollo de la campaña de hidrogeoquímica fueron suministrados por el IDEAM y CORPOCESAR y corresponden a :

- ✓ Sonda Eléctrica
- ✓ Receptor del sistema G PS
- ✓ 2 Espectrofotómetros DR 2000, Foto 60.

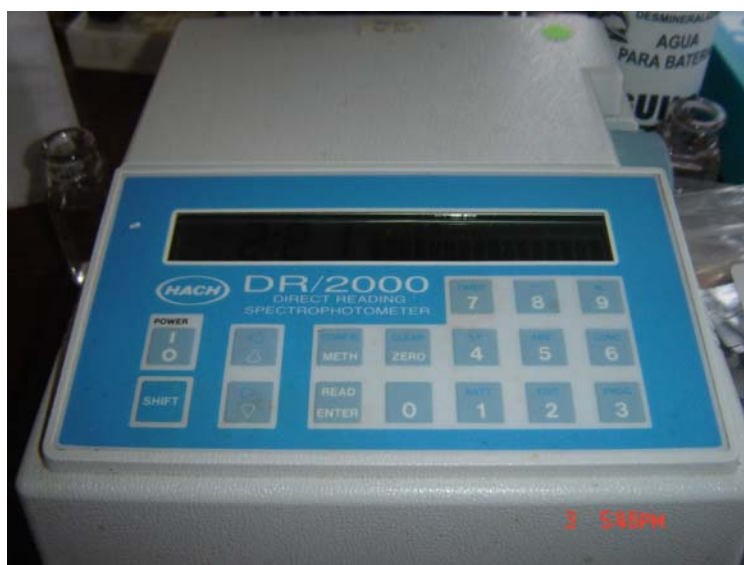


Foto 61 Espectrofotómetro DR/2000

- ✓ Elementos de laboratorio (Pipetas, probetas, erlenmeyer, beakers, peras de succión, dispensores de agua, celdas para espectrofotometría, etc.).
- ✓ Reactivos químicos para determinar nitratos, nitritos, sulfatos, fosfatos, hierro, dureza, alcalinidad, acidez, etc.

- ✓ Agua destilada
- ✓ Recipientes de plástico de 1 y 2 litros para la toma de muestras de agua para análisis físico-químicos y RAS (Aptitud de Uso para Riego).
- ✓ Recipientes de vidrio esterilizados para la toma de muestras de agua para análisis microbiológicos.
- ✓ Guantes quirúrgicos, tapabocas y gafas.
- ✓ Un byale para sacar la muestra de agua de los pozos, aljibes y manantiales del fondo de éstos.
- ✓ Flexo metro
- ✓ Reloj ó cronómetro
- ✓ Cámara Fotográfica
- ✓ Balde de 12 lts
- ✓ Equipo Portátil de Monitoreo HORIBA medidor de Ph, Conductividad, Turbiedad, D.O, Temperatura y Salinidad del agua., foto 61.



Foto 62 Equipo Portátil de Monitoreo HORIBA medidor de Ph, Conductividad, Turbiedad, D.O, Temperatura y Salinidad del agua.

- ✓ Equipo multipárametros Mettler Toledo medidor de conductividad y Sólidos Disueltos Totales (S.D.T.) y Ph, Foto 62
- ✓ Cartografía del área de estudio (Planos con escala 1:25000 tomados del IGAC).
- ✓ Formatos de captura de datos hidroquímicos.



Foto 63. Equipo Mettler Toledo para medir la Conductividad, los Sólidos Disueltos Totales (S.D.T.) y el Ph.

En el periodo de tiempo comprendido entre el 25 de octubre al 30 de diciembre de 2004 se tomaron 228 muestras, discriminadas correspondientes a 94 muestras de pozos, 124 aljibes y 10 de manantiales.

En la selección de los puntos de agua muestreados (pozos y aljibes) se tuvo en cuenta la dirección de flujo del agua subterránea, la conductividad, la profundidad, el tipo de uso (domestico, irrigación, etc.) y la condición actual de aprovechamiento, es decir; si estaba activo o en reserva. En todos los aljibes y en algunos pozos se midió el nivel estático, la profundidad, consignándose todos los datos en el formulario de captura hidrogeoquímica.

En los pozos, la muestra se tomó a la salida del sistema de bombeo después de esperar 15 a 30 minutos, tiempo suficiente, para permitir la evacuación del agua almacenada en la tubería del pozo y la salida de agua proveniente directamente del acuífero.

Para los aljibes, que contaban con sistema de bombeo la muestra se tomó a la salida de la tubería de descarga de la bomba después de esperar 15 a 30 minutos, tiempo suficiente, para permitir la evacuación del agua almacenada en los anillos del aljibe y la salida de agua proveniente directamente del acuífero captado. En los aljibes que no tienen sistema de bombeo, se utilizó un muestreador especial (bayle) de tal manera que las muestras se

tomaron a un metro de profundidad, respecto al nivel estático. Este procedimiento se usó también en algunos pozos que carecían de equipo de bombeo. En los manantiales la muestra se tomó superficialmente, libre de turbiedad, en lo posible.

11.2.2 Preservación.

En cada puntos de agua seleccionado se tomó un volumen de agua, una parte de dicho volumen permitió realizar algunos análisis in situ: El volumen restante se dividió en varias alícuotas para su preservación, como se indica en la tabla 94.

Tabla 94. Preservación de muestras.

Alícuota	Volumen	Preservación	Análisis a realizar
1	2.000 ml	Refrigeración	fisicoquímico
2	1.000 ml	refrigeración	Actitud para riego (iones en solución)
3	500 ml	refrigeración	microbiológico

11.2.3. Análisis.

Los análisis físicos químicos y bacteriológicos de las muestras tomadas y preservadas permitieron realizar una caracterización de la calidad o aptitud de las aguas para riego y para consumo humano (microbiológico) de acuerdo a la presencia del número de coliformes fecales y totales. También se realizaron determinaciones de oxígeno disuelto y potencial redox en las muestras.

En la tabla 95, se relacionan los parámetros que comprende el análisis físico químico. Los iones Cl^- , SO_4^- , HCO_3^- , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , predominan en las aguas subterráneas, por lo cual se denominan iones fundamentales. Aquellos iones que forman menos del 1% del contenido iónico, se conocen como iones menores, tales como el K^+ , Fe^{++} , CO_3^- , NO_3^- . Para el análisis de las muestras se estableció un orden cronológico en dos etapas, teniendo en cuenta la estabilidad de cada componente en el agua: (a) Análisis de campo y (b) Análisis de laboratorio.

11.2.3.1 Análisis de campo.

Para los manantiales, pozos y aljibes muestreados se realizaron los siguientes parámetros de campo: Ph, Conductividad, Temperatura de la muestra, Temperatura Ambiente, Sólidos Totales Disueltos, Potencial Redox, Salinidad, Oxígeno Disuelto, Turbiedad, utilizándose los equipos del IDEAM (Ph-metro, Conductímetro), y el múltipara metro Horiba U-10 de propiedad de CORPOCESAR. Esta información se consigno en el formulario de hidrogeoquímica.

11.2.3.2 Análisis de Laboratorio.

En **la alícuota 1** se determinaron los parámetros que se mencionan en la tabla 95. el método utilizado se muestra en la misma tabla.

Tabla 95 Análisis fisicoquímicos.

Parámetro	Unidad	Método
Temperatura	°C	Instrumental
Conductividad	micromhos/cm	Instrumental
Dureza total	mg/l	Volumétrica hach
Alcalinidad total	mg/l	Volumétrica hach
Acidez total	mg/l	Volumétrica hach
Sólidos disueltos totales	mg/l	Espectrofotometría hach
Sólidos suspendidos totales	mg/l	Espectrofotometría hach
Turbiedad	NTU	Espectrofotometría hach
Color	UPT	Espectrofotometría hach
Oxígeno disuelto	mg/l	Instrumental
Salinidad	%	Instrumental
Hierro total	mg/l	Espectrofotometría hach
Nitritos	mg/l	Espectrofotometría hach
Nitratos	mg/l	Espectrofotometría hach
Sulfatos	mg/l	Espectrofotometría hach
Fosfatos	mg/l	Espectrofotometría hach

Las muestras preservadas identificadas como alícuotas No. 2, y 3, fueron transportadas a los municipios de Agustín Codazzi y Valledupar respectivamente.

Las **alícuotas No. 2** se enviaron en lotes de 25 muestras completamente refrigeradas en neveras, al laboratorio de suelos y aguas de Corpoica localizado en la estación experimental Motilonia en el Municipio de Agustín Codazzi, donde se efectuaron las siguientes determinaciones que se muestran en la tabla 96.

Tabla 96. Análisis de agua para riego (iones en solución)

Parámetro	Unidades	Método
Calcio Ca^{++}	me/l	Absorción Atómica
Magnesio Mg^{++}	me/l	Absorción Atómica
Potasio K^{+}	me/l	Absorción Atómica
Sodio Na^{+}	me/l	Absorción Atómica
Bicarbonatos HCO_3^{-}	me/l	Absorción Atómica
Carbonatos CO_3^{-}	me/l	Absorción Atómica
Cloruros Cl^{-}	me/l	Absorción Atómica
Nitratos NO_3^{-}	me/l	Absorción Atómica
Sulfatos $\text{SO}_4^{=}$	me/l	Absorción Atómica
Sólidos totales disueltos	Mg/l	Instrumental

RAS	Unidad	Relación
Ph	Unidad	Instrumental
Conductividad	micromhos/cm	Instrumental

Las **alícuotas No. 3** se enviaron al Laboratorio de Salud Pública Departamental en recipientes plásticos esterilizados, completamente refrigeradas en neveras. Se enviaron un total de 134 muestras a las cuales se realizarán análisis microbiológico (Coliformes Totales y Fecales). Para el desarrollo de estos análisis se solicitó el apoyo de la Secretaría de Salud Departamental y fue necesario aportar los medios de cultivos: Endo para coliformes fecales y MFC para coliformes fecales marca sartorius, tal como lo solicitó el laboratorio mencionado.

11.2.4 Resultados

Los resultados del análisis fisicoquímico se encuentran incluidos en la base de datos hidrogeoquímicos que se presentan en anexo (medio magnético).

La calidad de los resultados del presente estudio se fundamenta en el balance iónico calculado para cada muestra y en el control interno de análisis, basado en la calibración y mantenimiento de los equipos Espectrofotómetros Hach Drel 2000, realizado por la firma ANDIA LTDA, el mantenimiento del equipo de campo HORIBA U-10, realizado por la firma ARICEL LTDA.

En términos generales el error del balance iónico en función de la suma de cationes y aniones de las muestras analizadas, están dentro del rango admisible establecido por Anderson (1996, en Custodio y Llamas, 1983, pag.223).

11.2.4.1 Calidad del agua subterránea.

Se evalúa los resultados del agua subterránea para: consumo humano, irrigación y uso industrial.

11.2.4.1.1 Agua Subterránea para Consumo Humano.

LA calidad del agua Consumo humano, en este estudio, se evalúa de acuerdo con las normas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicos establecidos en el capítulo III del decreto No. 475 de marzo 10 de 1998 (Agua Potable Normas Técnicas de Calidad, tabla 97), y en segunda instancia, con normas internacionales. Por considerarse de interés se citan, como premisa de la evaluación, las siguientes definiciones del decreto 475/98.

“AGUA POTABLE: Es aquella que por reunir requisitos físicos, químicos y bacteriológicos, en las condiciones señaladas en el presente decreto, al ser consumida por la población humana no produce efectos adversos a su salud”.

“ANÁLISIS FISICO QUÍMICO DEL AGUA”. Es aquel que se efectúa para determinar sus características físicas, químicas o ambas”.



APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,

En el presente trabajo, en cumplimiento del convenio 132 CORPOCESAR - IDEAM, a las muestras de agua se les efectuó análisis fisicoquímico y bacteriológico. Por esta razón la evaluación de la calidad de las aguas se hace en relación con las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua en estudio.

Se puede confirmar la potabilidad química cuando las concentraciones de sus elementos satisfagan las condiciones fijadas para ello (Custodio y Llamas, 1983). La tabla 96 recopila los valores de potabilidad de las características físicas, química y bacteriológica que debe cumplir el agua potable, y los valores requeridos para su potabilización por dos tratamientos que allí se citan.

La evaluación de las aguas subterráneas en las ecorregiones del valle del río Cesar y valle del río Magdalena, Departamento del Cesar, se realiza teniendo en cuenta los valores admisibles para el agua potable, establecidos en el decreto No. 475 de 1998, se tiene la siguiente evaluación de las aguas subterráneas objetos del estudio.

El 27% de las muestras de aguas sobrepasan el máximo admisible en un parámetro, tales como el Ph, en este caso, significa valores inferiores a 6.5, hierro total significa valores superiores a 0.3 mg/l, turbiedad, sólidos totales disueltos, dureza total, acidez, nitratos, alcalinidad.

El 38% de las muestras son aguas que en más de un parámetros presentan valores mayores que los máximos admisibles, tales como Ph, nitratos, sólidos totales disueltos, dureza total, acidez, alcalinidad nitratos, hierro, cloruros, sulfatos, magnesio.

En el 100% de las muestras no son potables en sus parámetros bacteriológicos, solamente el 8% de estas muestras no contiene coliformes fecales pero si coliformes totales razón que la hace impotable bacteriológicamente.

➤ **Parámetros que afectan la potabilidad.**

Se observa que solamente el 35% de las muestras es potable en todos sus parámetros fisicoquímicos. Las demás, presentan valores que sobrepasan, en uno o más parámetros, tales valores admisibles, lo cual significa que son impotables químicamente, con respecto a este Decreto.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,

Tabla 97. Normas de calidad del agua potable, según el Decreto 475/98

Características	Valor máximo Admisible	Procedimientos analíticos recomendados		Parámetros de comparación de la calidad de la fuente recomendados según el nivel calidad de la fuente			
		Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Aceptable	2. Regular	3. Deficiente	4. Muy deficiente
MICROBIOLÓGICAS							
Coliformes totales UFC/100 cc	0			X	X	X	X
Escherichia coli UFC/100 cc	0		D 5392			X	X
ORGANOLÉPTICAS Y FÍSICAS							
PH	6.5 – 9.0		D 1293	X	X	X	X
Turbiedad UNT	5	4707	D 1889	X	X	X	X
Color verdadero – UC	15			X	X	X	X
Conductividad US/cm	50 – 1.000		D 1125	X	X	X	X
Sustancias flotantes	Ausentes			X	X	X	X
Olor y sabor	Ninguno		D 1292	X	X	X	X
QUÍMICAS CON EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD HUMANA							
Fenoles totales – mg/L	0.001	4582	D 1783				X
Grasas y aceites– mg/L	Ausentes	3362	D 4281				X
Aluminio – mg/L	0.20		D 857				X
Nitratos – mg/L	10		D 3867				X
Nitritos – mg/L	0.1		D 3867	X	X	X	X
Antimonio – mg/L	0.005		D 3697				X
Arsénico – mg/L	0.01		D 2972				X
Bario– mg/L	0.5		D 4382				X
Cadmio – mg/L	0.003		D 3557				X
Cianuros totales – mg/L	0.1	1312	D 2036				X
Cobre – mg/L	1.0		D 1688				X
Cromo hexavalente – mg/L	0.01		D 1687				X
Mercurio – mg/L	0.001		D 3223				X
Níquel – mg/L	0.02		D 1886				X
Plomo – mg/L	0.01		D3559				X
Selenio – mg/L	0.01	1460	D 3859				X
Sustancias activas al azul de metileno– mg/L AB5	0.5		D 2330				X
PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS							
Tóxicos tipo I– mg/L	0.001						X
Tóxico tipo II y III– mg/L	0.01						X
Baja toxicidad– mg/L	0.1						X
Trihalometanos totales– mg/L	0.1						X
QUÍMICAS CON EFECTO INDIRECTO SOBRE LA SALUD HUMANA							
Alcalinidad total – mg/L	100		D 1067	X	X	X	X
Acidez – mg/L	50		D 1067	X	X	X	X
Dureza total– mg/L	160	4706	D 1126	X	X	X	X
Calcio– mg/L	60		D 511	X	X	X	X
Magnesio– mg/L	36		D 858	X	X	X	X
Cloruros– mg/L	250		D 512	X	X	X	X
Sulfatos – mg/L	250	4708	D 516	X	X	X	X
Hierro total– mg/L	0.3		D 1068	X	X	X	X
Manganeso	0.1		D 858			X	X
Fosfatos	0.2		D 515			X	X
Zinc	5		D 1691				X
Fluoruros (mg/L)	1.2		D 1179				X



APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,

A continuación se presenta el significado de los parámetros de mayor incidencia en la potabilidad de las aguas subterráneas: Dureza, Sólidos Disueltos, Nitratos, Hierro, Cloruros, pH y Sulfatos.

➤ **Calcio**

Las aguas subterráneas de la primera capa acuífera de los depósitos de llanura aluvial (QIIa), captada principalmente por los aljibes o pozos de poca profundidad; se caracterizan por presentar valores de ion Ca en rangos que varían en diferentes zonas del área de estudio, Figura 133

En el municipio de Codazzi las aguas subterráneas presentan valores en el rango de 145 a 235 mg/l de Ca, originadas por la presencia de gravas y fragmentos de rocas sedimentarias de origen calcáreo (grupo cogollo o la formación la luna).

Al sur de los corregimientos de Casacará, al noroeste de Rincón Hondo y oriente de Astrea también se presenta este comportamiento, en mayor proporción en el rango de 145 a 190 mg/l de Ca. En relación al Decreto 475/98 los rangos de valores anteriores superan el valor máximo admisible, produciendo un efecto químico adverso a la salud humana. En las otras áreas del convenio se presentan rangos de valores entre 10 y 145 mg/l de Ca.

➤ **Sodio**

Las aguas subterráneas de la primera capa acuífera de los depósitos de llanura aluvial (QIIa), captada principalmente por los aljibes o pozos de poca profundidad; se caracterizan por presentar valores de ión Na en rangos que varían en diferentes zonas del área de estudio. Figura 134.

Entre la cabecera del municipio de Codazzi hasta el corregimiento de Casacará existe una franja con rangos de valores entre 2.8 y 30 mg/l de Na; en igual forma se presenta en la cabecera y área rural occidental del municipio de Becerril y la Jagua de Ibirico; noreste de Chiriguaná, y algunas áreas locales al suroeste de la Loma de Calenturitas y oeste de Arjona. Circundando la franja de valores en los rangos anteriores se presentan valores en el rango de 29 a 83 mg/l, que pueden alcanzar valores en el rango entre 110 a 137 al sur de la Loma de Calenturitas y en Arjona y su área rural más cercana.

➤ **Magnesio**

Las aguas subterráneas de la primera capa acuífera de los depósitos de llanura aluvial (QIIa), captada principalmente por los aljibes o pozos de poca profundidad; se caracterizan por presentar valores de ión Mg en rangos que varían en diferentes zonas del área de estudio. Entre la cabecera del municipio de Codazzi hacia el occidente se presentan rangos de valores entre 12 y 30 mg/l de Mg; se observan zonas circulares con rangos de valores que varían entre 30 y 41 mg/l de Mg. Al suroeste de Codazzi se presentan rangos de valores entre 12 y 24 mg/l de Mg. Al oeste y suroeste se presentan rangos de valores entre 12 y 24

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,

mg/l de MG; incrementándose al norte donde se presentan rangos de valores entre 18 y 30 mg/l de Mg, Figura 135.

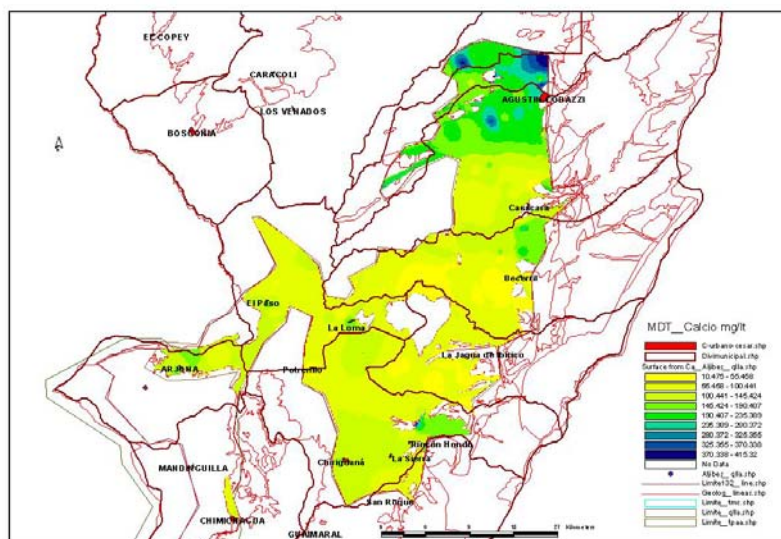


Figura 133. Zonificación del ion calcio en el área del convenio 132-2003.

➤ **Sodio**

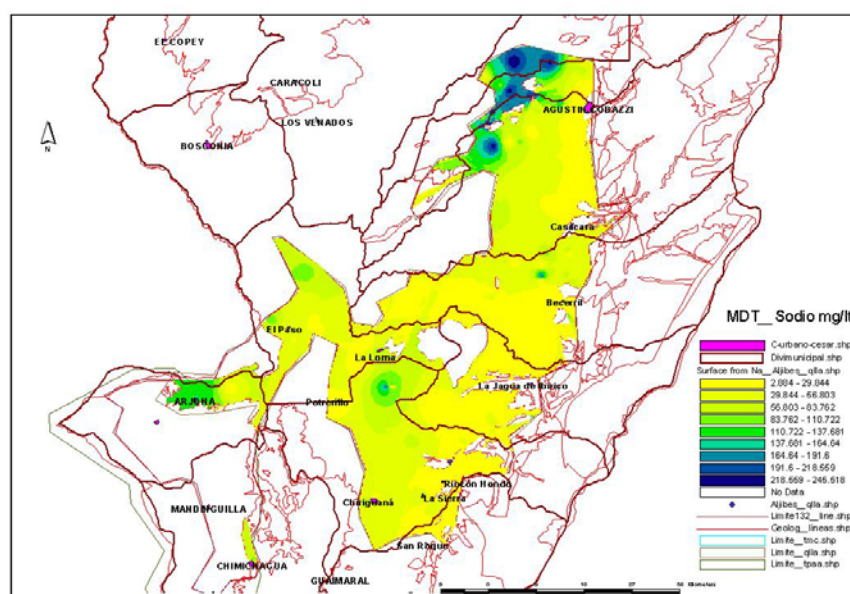


Figura 134. Zonificación del ión sodio en el área del convenio 132-2003.

En la Jagua de Ibirico y Chiriguaná se presentan rangos de valores entre 12 y 18 mg/l de MG. Al sur de la loma de calenturitas se presentan zonas concéntricas con rangos de valores entre 18 y 35 mg/l de Mg. En la cabecera del municipio de EL Paso y su área de influencia rural se presentan rangos de valores entre 7 a 18 mg/l de mg. En el municipio de Astrea, específicamente en el corregimiento de Arjona se presentan rangos de valores que varían entre 18 a 53 mg/l de Mg.

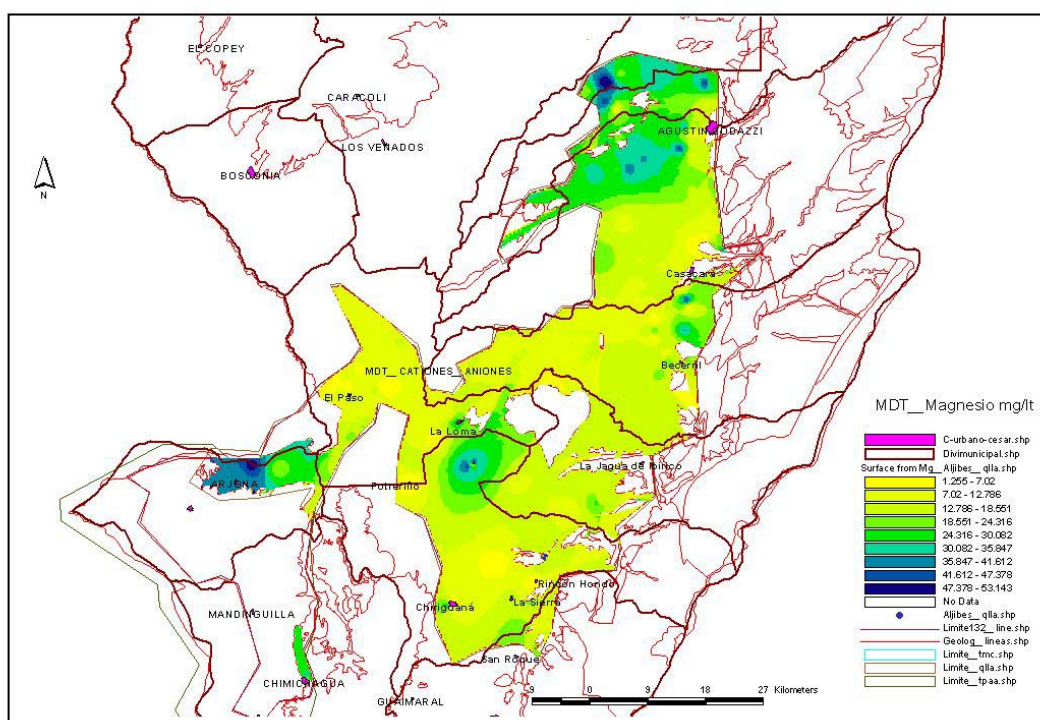


Figura 135. Zonificación del ión magnesio en el área del convenio 132-2003.

En relación al Decreto 475/98 los rangos de valores anteriores que superan el valor máximo admisible (36 mg/l de Mg), producen un efecto químico adverso a la salud humana

➤ Dureza.

La dureza del agua es una medida tradicional de su capacidad para reaccionar con el jabón OPS (1987). Por consiguiente cuando el agua dura se utiliza para el lavado con jabón, se requiere una cantidad adicional de este. La dureza en las aguas subterráneas en las ecorregiones del valle del río cesar y valle del río Magdalena, Departamento del Cesar, es producida esencialmente por la presencia de calcio y magnesio en solución.

Una persona adulta necesita un aporte diario de 800 a 1000 mg de calcio y de 300 a 500 de magnesio. En términos generales, todos los alimentos contienen calcio y magnesio. La presencia de estos elementos en el agua influye en el aporte para la población que la consume. Entre los efectos de la dureza se tiene que las aguas duras dificultan la cocción de alimentos y de que las aguas muy blandas pueden no ser adecuadas para la bebida Custodio & Llamas (1983).

En términos generales, existen dos tratamientos para mejorar la dureza de las aguas; el primero se basa en la transformación de los componentes solubles que son responsables de la dureza del agua, en compuestos insolubles que son responsables de la dureza del agua, en compuestos insolubles. Esto se logra mediante la aplicación de agentes químicos, en caliente o en frío. El segundo, consiste en el empleo de resinas de intercambio iónico. Para ablandar las aguas destinadas a usos domésticos, se emplea a veces disolución de amoníaco o hidróxido sódico. La dureza que proporcionan al agua los bicarbonatos de calcio y de magnesio, pueden eliminarse por ebullición, Figura 136.

➤ Carbonatos

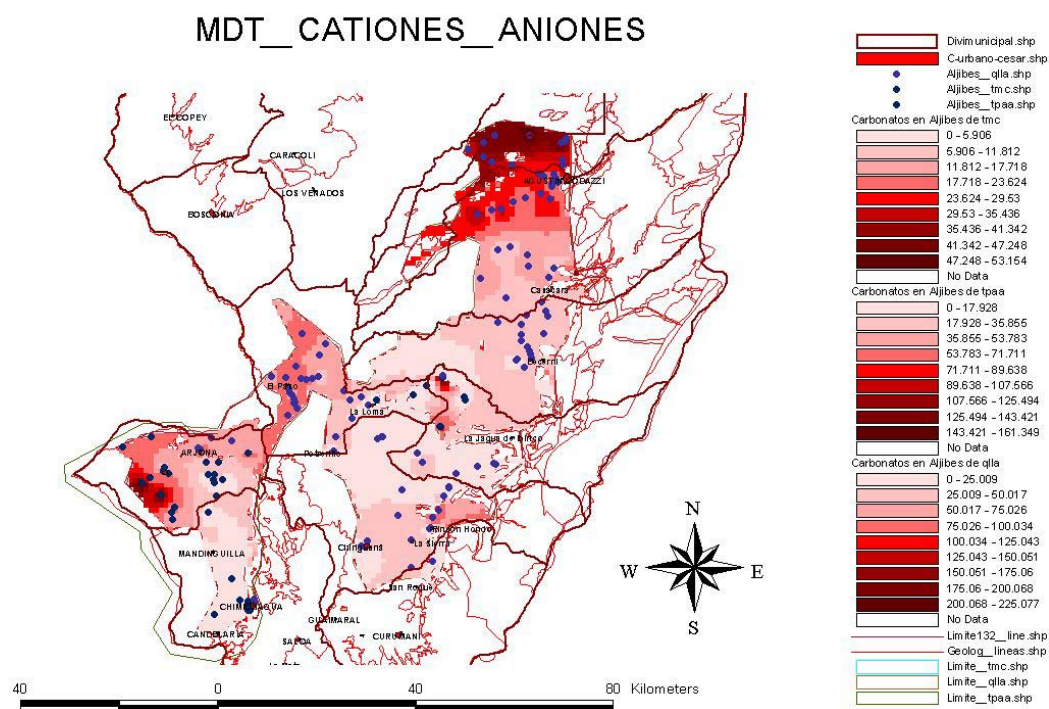


Figura 136. Zonificación del ión carbonatos en el área del convenio 132-2003.

Las aguas subterráneas de la primera capa acuífera de los depósitos de llanura aluvial (Qlla) captada principalmente por los aljibes o pozos de poca profundidad; presentan concentraciones de carbonatos en el rango de 125 a 175 mg/l de CaCO_3 desde la cabecera

de Codazzi hacia el suroeste en el área rural. Al sur de Codazzi, al norte del corregimiento de Casacará hasta la cabecera del municipio de Becerril se presentan aguas con iones de CaCO_3 que varían en el rango de valores entre 100 a 25 mg/l de CaCO_3 . Al oeste del municipio de Becerril se presentan valores menores de 17 mg/l de CaCO_3 . La presencia de estas concentraciones están relacionadas con la presencia de gravas y fragmentos de rocas sedimentarias del grupo cogollo y la formación la luna, que aportan su naturaleza calcárea al aguas subterráneas por intercambio iónico.

En el área rural del municipio de La Jagua de Ibirico se presentan aguas con concentraciones del ión carbonato menores entre 75 mg/l de CaCO_3 a menores de 25 mg/l de CaCO_3 . Al noreste y suroeste del municipio de El Paso se presenta una franja con valores de CaCO_3 en el rango de 75 a 100 mg/l. En el corregimiento de La Loma se presentan valores de CaCO_3 en el rango de 0 a 50 mg/l.

En el norte del municipio de Chiriguana se presentan aguas con concentraciones del ión carbonato menores de 25 mg/l de CaCO_3 ; al noreste se presentan valores en el rango entre 25 y 75 mg/l de CaCO_3 ; localmente se alcanzan valores de 75 a 100 mg/l de CaCO_3 cerca de Rincón Hondo.

Las aguas de la Formación Cuesta (Tmc) al noreste del corregimiento de la loma, se caracterizan por presentar valores de CaCO_3 en el rango de 0 a 23 mg/l, localmente al norte del perímetro de esta formación se presentan localmente valores en el rango de 23 a 29 mg/l.

Las aguas de la formación sedimentitas de Arjona en la cabecera del municipio de Astrea se presentan rangos de valores del orden de 35 a 53 mg/l de CaCO_3 , posteriormente disminuyen a valores menores de 25 mg/l, al sur del corregimiento de Arjona. En el municipio de Chimichagua y su área rural al norte, se presentan valores del ión CaCO_3 en el rango entre 0 a 50 mg/l

➤ **Bicarbonatos**

Las aguas subterráneas de la primera capa acuífera de los depósitos de llanura aluvial (Qlla) captada principalmente por los aljibes o pozos de poca profundidad; presentan concentraciones de carbonatos en el rango de 207 a 268 mg/l de HCO_3 en el municipio de Codazzi; al oeste del corregimiento de Casacará; se presentan valores en el rango entre 204 a 268 mg/l de HCO_3 ; al norte de la cabecera del municipio de Becerril se presentan aguas con iones de HCO_3 que varían en el rango de valores entre 207 a 324 mg/l de HCO_3 , localmente se incrementa hasta valores de 440 mg/l de HCO_3 , Figura 137.

Al oeste del municipio de Becerril se presentan valores entre 37 a 91 mg/l de HCO_3 . La presencia de estas concentraciones están relacionadas con la presencia de gravas y fragmentos de rocas sedimentarias del grupo cogollo y la formación la luna, que aportan su naturaleza calcárea al aguas subterráneas por intercambio iónico.

En el área rural del municipio de La Jagua de Ibirico se presentan aguas con concentraciones del ión bicarbonato que varían desde valores de 149 mg/l de HCO_3 hasta 33 mg/l de HCO_3 . El municipio de El Paso se presenta una franja con valores de HCO_3 en el rango de 91 a 266 mg/l. En el Corregimiento de La Loma localmente se presentan valores de HCO_3 en el rango de 266 a 324 mg/l de HCO_3 .

En el norte del municipio de Chiriguana se presentan aguas con concentraciones del ión carbonato menores de 149 mg/l de HCO_3 ; al noreste se presentan valores en el rango entre 149 a 266 mg/l de HCO_3 ; al noreste de Rincón Hondo.

Las aguas de la Formación Cuesta (Tmc) al noreste del corregimiento de la loma, se caracterizan por presentar valores de HCO_3 en el rango de 77 a 332 mg /l, localmente al norte del perímetro de esta formación se presentan localmente valores en el rango de 332 a 460 mg/l de HCO_3 .

Las aguas de la Formación Sedimentitas de Arjona (Tpaa) en el municipio de Astrea se presentan rangos de valores del orden de 396 mg /l de HCO_3 al occidente hasta valores del orden de 13 mg /l de HCO_3 al oriente. En el municipio de Chimichagua y su área rural al norte, se presentan valores del ión HCO_3 en el rango entre 33 a 149 mg/l

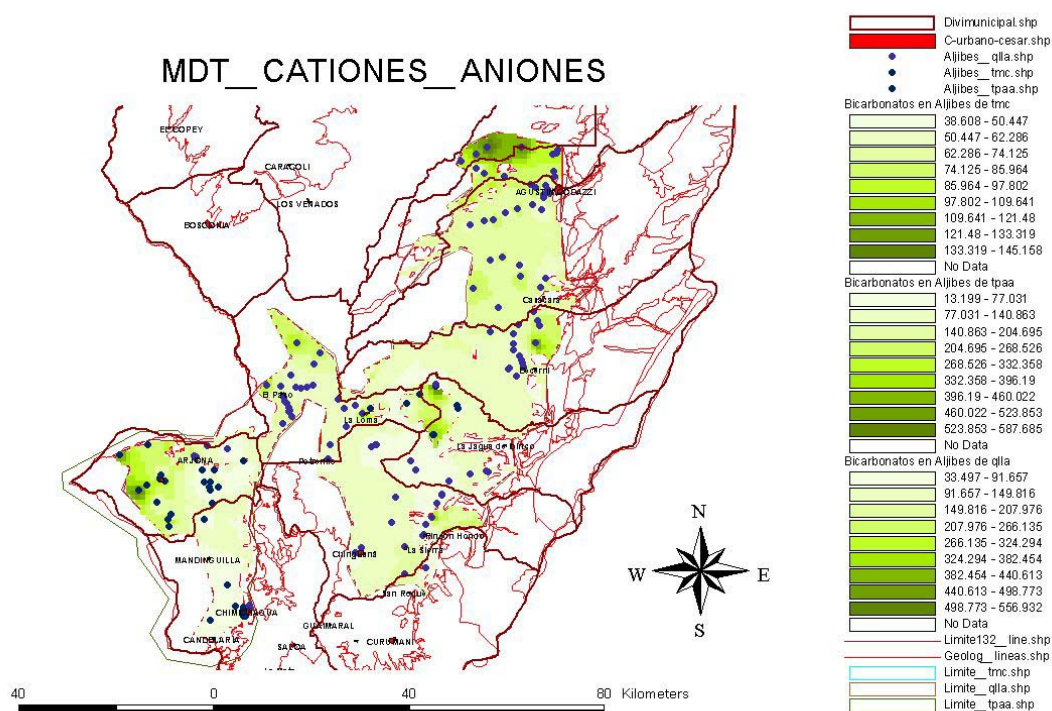


Figura 137. Zonificación del ión magnesio en el área del convenio 132-2003.



➤ **Sólidos Disueltos.**

Los sólidos disueltos en el agua comprenden principalmente los componentes denominados iones fundamentales, Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , que predominan en las aguas subterráneas. Estas sales minerales comunes, disueltas en cantidad considerable, afectan el sabor del agua.

“No existen evidencias de que se produzcan reacciones fisiológicas nocivas en personas que consumen agua potable, proveniente de abastecimientos, que tiene niveles de sólidos disueltos por encima de 1000 mg/L. Al parecer, los resultados de ciertos estudios epidemiológicos sugieren que los sólidos disueltos en el agua potable pueden incluso tener efectos benéficos sobre la salud.

El valor máximo permisible para el agua potable, recomendado por la OMS (1971, en Catalán 1981) es de 1500 mg/L.

Los valores elevados de sólidos disueltos producen la salinidad de las aguas, si ésta se debe a la dureza, puede eliminarse por ablandamiento. En cuanto a conversión de aguas salinas en dulces, en general el proceso que más se utiliza es el de electrodiálisis, especialmente de aquellas que contienen en eliminar las sales mediante el empleo de membranas de plástico especiales y de una corriente eléctrica continua; los iones a ser eliminados atraviesan dichas membranas. AWWA (1975).

➤ **Nitratos.**

El uso de fertilizantes, la infiltración de la materia descompuesta de origen vegetal y animal, los efluentes domésticos, la eliminación de lodos cloacales en el terreno, las descargas industriales, las filtraciones de “Vaciadores” o pozas sépticas y el arrastre de agua pluvial, todos ellos son factores que contribuyen a la presencia de nitratos (y nitritos) en las fuentes de agua OPS (1987). Estas fuentes de nitrógeno, por consiguiente, presentan gran riesgo de contaminación bacteriológica para el agua subterránea, Figura 138.

En cuanto a potabilidad, el límite máximo admisible (Decreto 475/98), es de 10 mg/l NO_3 . Se ha recomendado que los abastecimientos de agua que contienen niveles altos de nitrato (mas de 100 mg/l NO_3), no deberán utilizarse en la preparación de alimentos para infantes; se recomienda como alternativa recurrir a abastecimientos con bajo contenido de nitratos, llegando incluso a usar agua embotellada.

La causa mas común de metahemoglobina infantil, disminución de oxígeno en el torrente circulatorio, la constituyen los niveles excesivos de nitratos en el agua que se emplea para la preparación de los alimentos para bebés. El problema de la metahemoglobina no se presenta en personas adultas, OPS (1987).

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,

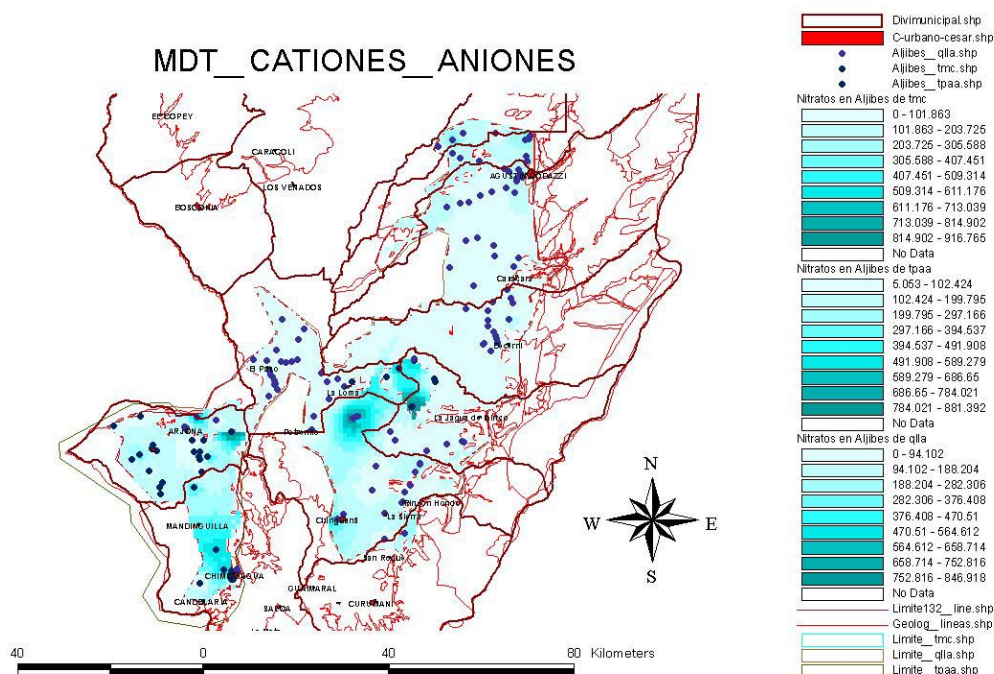


Figura 138. Zonificación del ión nitratos en el área del convenio 132-2003.

Las aguas subterráneas de la primera capa acuífera de los depósitos de llanura aluvial (Qlla), al igual que de la formación Cuestas (Tmc) y Sedimentitas de Arjona (Tpaa) captada principalmente por los aljibes o pozos de poca profundidad; se caracterizan por presentar valores que están por encima de 10 mg/l de NO_3 , asociadas a las fuentes de contaminación puntual y/o difusa mencionadas anteriormente.

➤ Hierro

En las aguas subterráneas, la procedencia del hierro se atribuye a la disolución de minerales, entre otros, de óxidos, sulfuros, carbonatos y silicatos. En algunos casos el hierro proviene de tuberías de los sistemas de bombeo y otros equipos.

Frecuentemente, la disolución de los minerales ferríferos se atribuye a la acción del dióxido de carbono en las aguas subterráneas, la disolución de estos minerales, puede tener lugar en condiciones anaeróbicas y en presencia de agentes reductores.

Al exponerse el agua subterránea al contacto con el aire, el hierro ferroso se oxida convirtiéndose en hidróxido férrico, el cual se deposita formando un sedimento color pardo rojizo. El hierro, además, favorece el crecimiento de las bacterias del mismo nombre. Tales micro-organismos extraen su energía de la oxidación del hierro ferroso a hierro férrico, y en esta operación depositan un revestimiento viscoso en las tuberías. Dichos problemas suelen presentarse cuando la concentración de hierro es aproximadamente 0.3 mg/litro o mayor.

El Decreto 475 de 1998 establece como valores admisibles de hierro para agua potable, 0.3 mg Fe/L. Para la eliminación de hierro en aguas subterráneas, entre otros, existen tres métodos; Precipitación y filtración, Intercambio iónico y Estabilización con poli fosfatos.

➤ Cloruros.

La presencia de cloruros en las aguas subterráneas proviene, entre otros orígenes de los siguientes factores:

- ✓ Intercambio de agua de mar actuales o antigua desde formaciones geológicas formadas en ambientes marinos.
- ✓ Drenajes de irrigaciones
- ✓ Contaminación por infiltraciones de descargas de aguas residuales domésticas o industriales.

El cloruro es el anión que más abunda en el cuerpo humano y contribuye significativamente, junto con los cationes que se asocian a la actividad osmótica del líquido extracelular. El umbral de sabor para el cloruro en el agua potable depende del catión que se le asocie, pero, por lo general, está entre 200 y 300 mg/l Cl^- . El valor máximo admisible de cloruros, establecido por el Decreto 475/98 es de 250 mg Cl^- /L para agua potable. El tratamiento de los cloruros se utiliza la electrodiálisis.

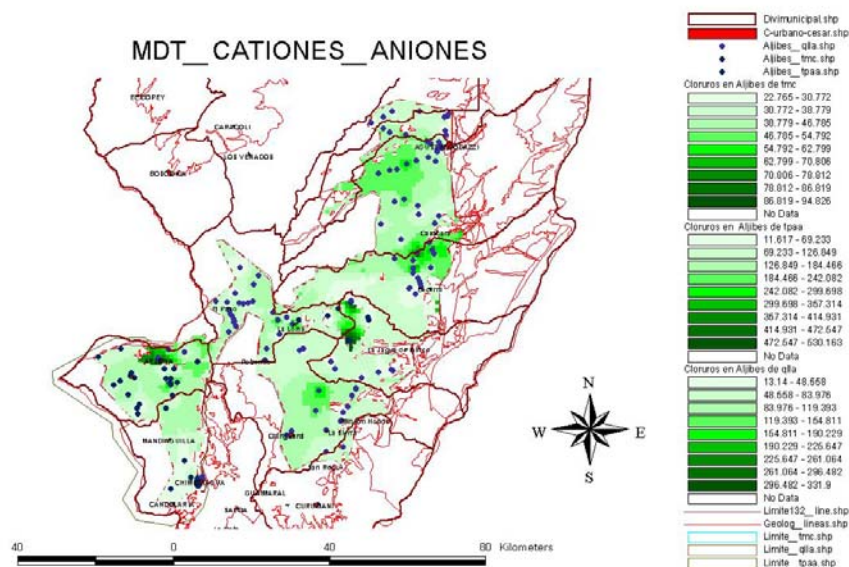


Figura 139. Zonificación del ión cloruros en el área del convenio 132-2003.

Las aguas subterráneas de la primera capa acuífera de los depósitos de llanura aluvial (Qlla), al igual que de la formación Cuestas (Tmc) y Sedimentitas de Arjona (Tpaa) captada

principalmente por los aljibes o pozos de poca profundidad; se caracterizan por presentar valores menores de 250 mg/l del ión cloruro, Figura 139.

Localmente al suroccidente de Codazzi, sur de Casacará, la zona sur del corregimiento de la Loma de Calenturitas, al nororiente de Chiriguaná, al igual que en el corregimiento de Arjona se presentan valores muy cercano o ligeramente que sobrepasan la norma.

➤ Ph

El valor de pH en las aguas subterráneas se origina por el ácido carbónico disuelto. Este proviene de la atmósfera a través del agua de lluvia y principalmente el producido por la respiración de los organismos vivos, en la zona de infiltración del suelo. Otra fuente es la disolución de los carbonatos por acción de los ácidos, Catalán (1981).

Los ácidos orgánicos, entre ellos los ácidos húmicos que se originan en el mantillo de los bosques, también son frecuentes en las aguas.

El máximo rango permisible de las normas OMS, para agua potable es 6.5 – 9.0; situación que se presenta en la mayor parte de la extensión de las formaciones geológicas área del convenio 132-2003.

Las capitaciones que captan los depósitos de llanura aluvial (Qlla), en algunos sectores al norte y sur de corregimiento de la Loma de Calenturitas; al suroeste de la Jagua de Ibirico; al oriente de Chiriguaná y al noroeste de Chimichagua en la formación Sedimentitas de Arjona, presentan valores de Ph que le imprimen una química ácida a las aguas subterráneas. Figura 140.

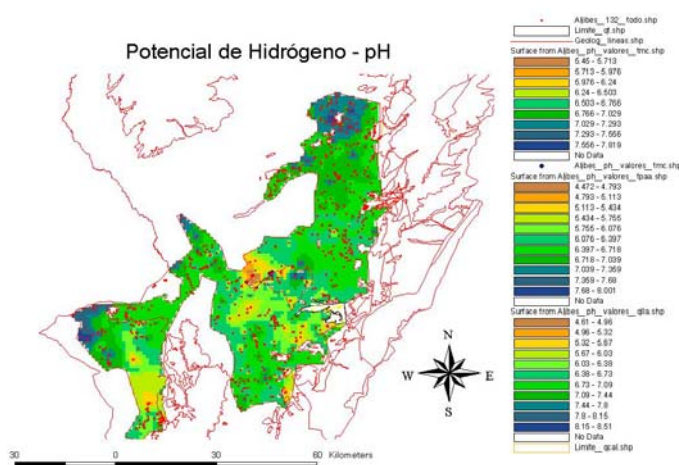


Figura 140. Zonificación del pH en el área del convenio 132-2003.

➤ Conductividad.

Las aguas, en función de la conductividad (que es una medida indirecta de salinidad). Se clasifican como dulces, salobres o saladas: Tabla 98.

Tabla 98. Rango conductividad y tipo de aguas de las aguas subterráneas.

Rango de Conductividad (Umhos/cms)	Tipo de agua
0-1000	Dulce
1000-5000	Salobre
> 5000	Salada

En la figura 141 se observa una zonificación de la conductividad del agua subterránea para el área del convenio 132-2003 definiendo su tipo de acuerdo a los intervalos definidos, y su aptitud para riego.

Las aguas subterráneas de la primera capa acuífera de los depósitos de llanura aluvial (Qlla) captada principalmente por los aljibes o pozos de poca profundidad; son dulces en una franja o zona plana adyacente a las estribaciones de la Serranía del Perijá, la cabecera de El Paso y el área rural nororiental; al nororiente y suroccidente de La Loma de Calenturitas; la cabecera de Chiriguaná y su área rural nororiental y suroriental,; todas incluyen rangos de conductividad de (0-250 Us/cms, 250-750 Us/cms).

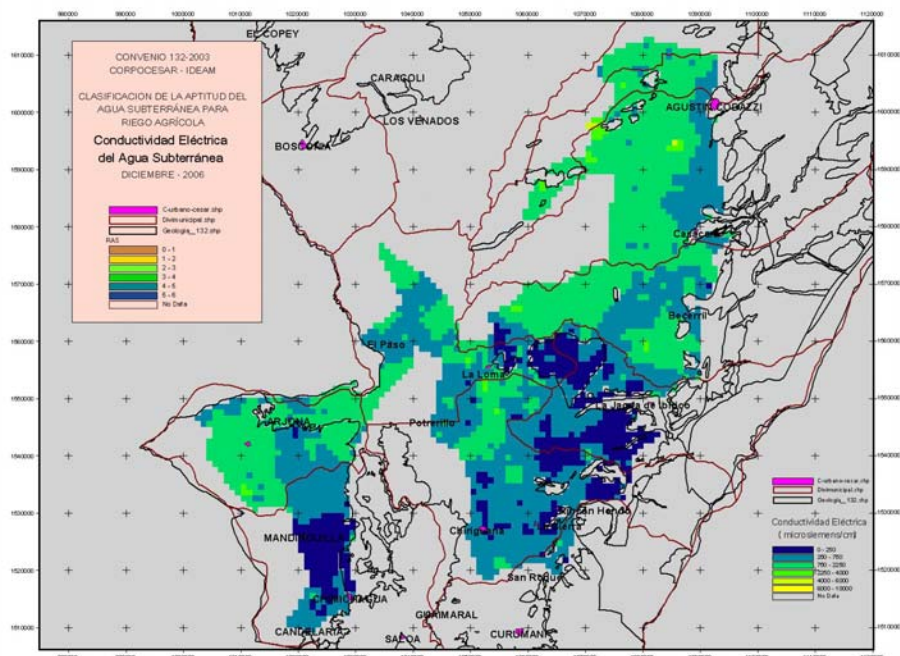


Figura 141. Zonificación del área del convenio 132-2003 de acuerdo a su conductividad y su aptitud para riego.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,

Transicionalmente las aguas subterráneas de esta formación se ubican en el rango de 750 a 2250 Us/cms, es decir son dulces a salobres, tal como ocurre al occidente de los municipios de Agustín Codazzi, Becerril, nororiente de El Paso. Localmente se presentan sitios donde ocurren aguas con conductividades en el rango de 2250 a 4000 Us/cms y 4000 a 6000 Us/cms, es decir salobres a saladas, tal como al sur de La loma de Calenturitas, suroccidente de Codazzi y occidente y suroccidente de Becerril, situación potencialmente asociada a fuentes de contaminación.

Las aguas de la Formación Cuesta (Tmc) se caracterizan por ser dulces (rangos de 0-250 Us/cms, 250-750 Us/cms). Las aguas de la formación Sedimentitas de Arjona (Tpaa) presentan rangos de conductividad de (0-250 Us/cms, 250-750 Us/cms) en una franja que se extienden entre los corregimientos de Arjona, Mandinguilla hasta la cabecera municipal de Chimichagua. Esta misma formación presenta conductividades en el rango entre 750 a 25000 uS/cms en la cabecera municipal y su área de influencia rural al oeste. Figura 142.

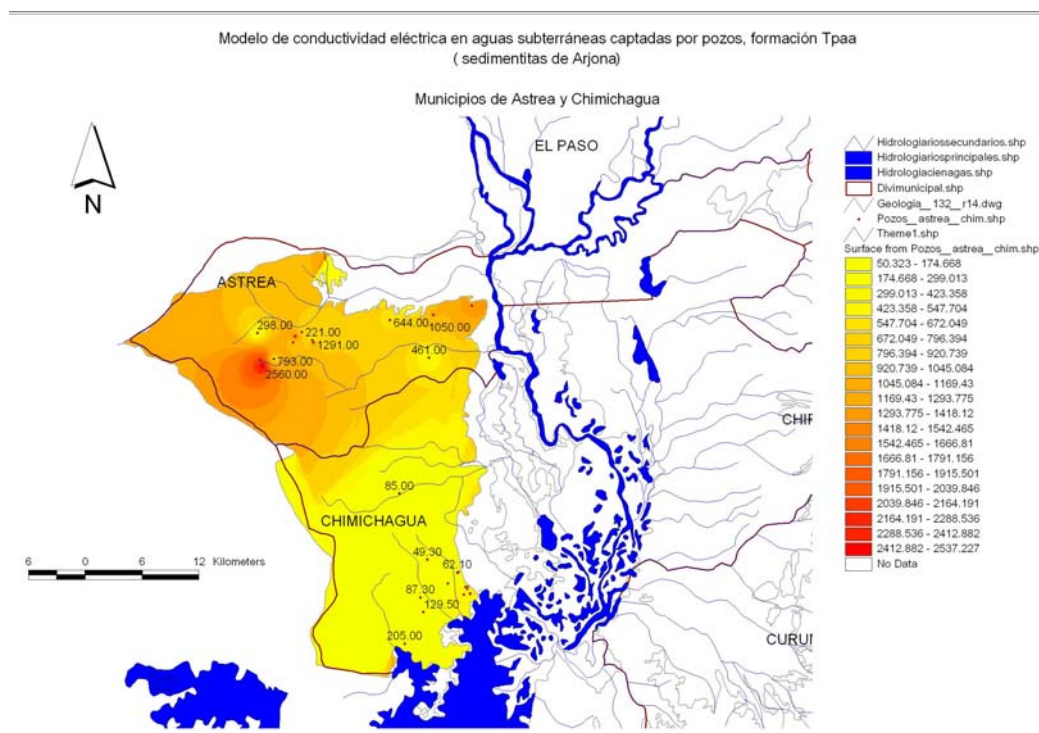


Figura 142 Zonificación de la conductividad de las aguas subterráneas de la formación sedimentitas de Arjona (Tpaa) en los municipios de Astrea y Chimichagua.

➤ Sulfatos

Los sulfatos provienen principalmente de la disolución del yeso, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y también pueden originarse en la oxidación de los sulfuros. El valor máximo admisible de sulfatos, establecido por el Decreto 475/98 es de 250 mg $\text{SO}_4 = \text{L}$ para agua potable.

Las aguas subterráneas de la primera capa acuífera de los depósitos de llanura aluvial (Qlla), al igual que de la formación Cuestas (Tmc) y Sedimentitas de Arjona (Tpaa) captada principalmente por los aljibes o pozos de poca profundidad; se caracterizan por presentar valores menores de 250 mg/l del ión sulfatos. Localmente al y noroccidente de Codazzi se presentan valores por encima y muy cercano o ligeramente por encima de la norma. En igual forma al noroccidente de la Jagua de Ibirico, y en el corregimiento de la Loma de Calenturitas (Municipio de EL Paso), y al norte de Chimichagua se presentan valores; Figura 143.

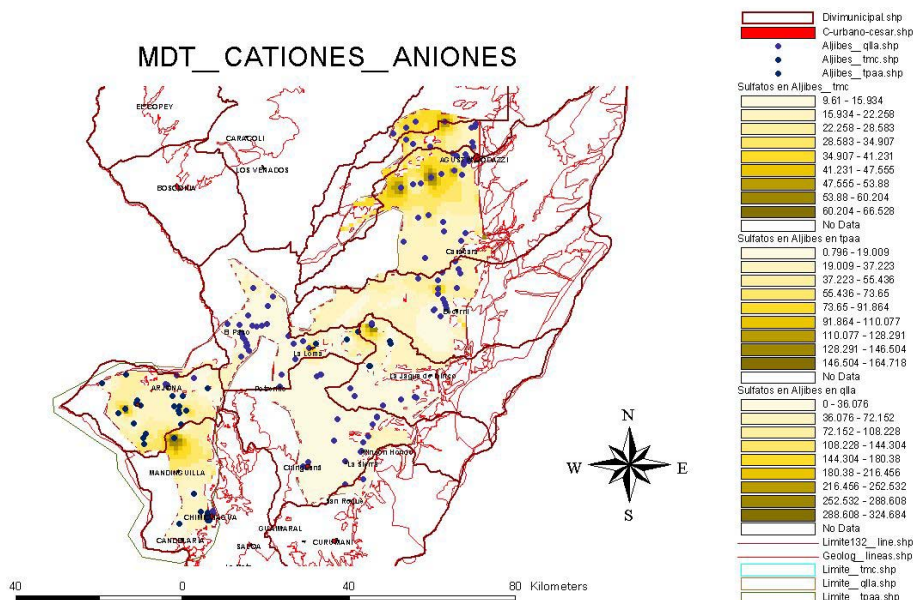


Figura 143. Zonificación del sulfatos en el área del convenio 132-2003.

➤ Bacteriología.

Hay que tener en cuenta que el agua potable debe cumplir con las normas y criterios de calidad bacteriológica establecida en el Decreto 475/98.

Se recomienda que en todas las fuentes de abastecimiento de agua subterránea se utilicen adecuadamente procedimientos de desinfección.



Los análisis bacteriológicos de coliformes fecales y coliformes totales realizados por Dasaluc indican para estos parámetros que las aguas de los aljibes y pozos de abastecimiento no son aptas para el consumo humano.

11.2.4.1.2 Agua Subterránea para Irrigación.

El agua para riego esta estrechamente relacionada con las características del suelo tales como la textura (permeabilidad), y su capacidad catiónica de cambio, así como también con el tipo de cultivo a implantar.

La evaluación de su calidad, se fundamenta en criterios que indiquen potencialmente si al entrar en contacto con el suelo, presenta o no riesgo para el crecimiento de las plantas o para los animales y personas que las consuman.

El decreto 1594 de 1984 establece los criterios de calidad admisibles del recurso agua para usos agrícola. De éstos, para el presente estudio, se tienen en cuenta aquellos valores relacionados con el análisis físico-químico del agua. El mismo decreto recomienda, entre otras, la determinación de las siguientes características: conductividad, Relación de adsorción de sodio (RAS).

➤ Hierro y Manganeseo.

Aunque los límites del Decreto 1594 son aplicables al uso continuo de esta agua en cualquier tipo de suelos, de acuerdo con Branson et al (1975, en Lloyd y Heathcote, 1985), no siempre los efectos son adversos para cultivos o suelos.

Los valores admisibles en agua para uso agrícola según el Decreto 1594/84, para el hierro como Fe y manganeso como Mn, son 5.0 y 0.2 respectivamente.

De las muestras de agua analizadas, todas están por debajo de los rangos en cuanto al hierro no hay restricción para ser utilizada en riego. Para el manganeso la restricción es leve.

➤ Características de pH

El rango de pH admisible para irrigación es de 4.5 a 9.0.

El 5 % de las muestras tiene restricción para uso agrícola por este parámetro ya que los valores de pH están por debajo de 4.5.

➤ Relación de Adsorción de Sodio.

La relación de adsorción de sodio, RAS, es la proporción relativa del ión sodio a los iones calcio y magnesio.

El RAS se define por la formula.

$$RAS = \frac{Na^+}{(Ca^{++} + Mg^{++})^{1/2}}$$

Donde la concentración de cada ión se expresa en mili equivalente/litro.

El sodio es considerado como uno de los factores más importantes que rigen la calidad del agua para riego. La presencia de sodio intercambiable en el suelo, en cantidad excesiva, disminuye su permeabilidad y determina su estructura. Como consecuencia, en suelo se encharca y disminuye la tasa de consumo de agua. La toxicidad de las plantas debida al sodio, generalmente se evidencia por la quema de hojas y por defoliación.

El criterio más aceptado para evaluar el uso del agua en agricultura, es el Diagrama de clasificación de agua para Riego, original de Wilcox-Thorne. Este diagrama se fundamenta en el RAS y en la conductividad eléctrica. Las curvas de la figura se basan en ecuaciones empíricas, estudiadas por el USDA, Figura 144.

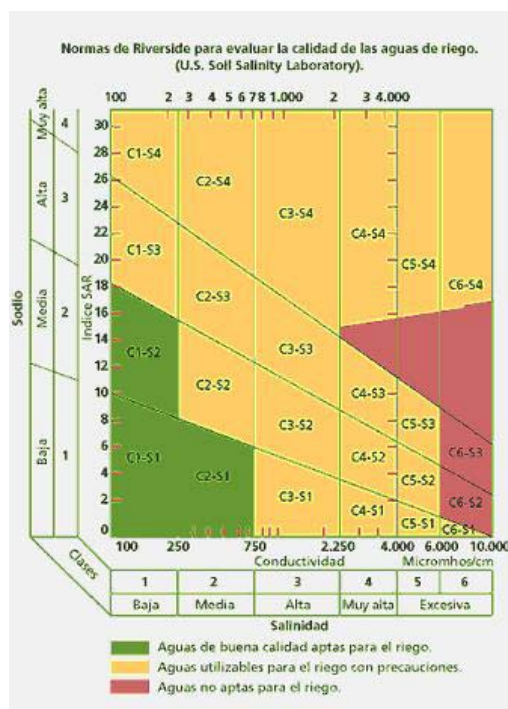


Figura 144. Diagrama RAS y Conductividad Eléctrica.

El RAS representa un indicativo del efecto que tiene el sodio del agua sobre el suelo, es decir, el peligro de sodificación del suelo que tiene un agua dada. Con respecto al RAS, las aguas de riego se clasifican, como se aprecia en el eje de las ordenadas del diagrama, en cuatro grupos. Figura 145.

S1, Agua baja en sodio: puede usarse para el riego en Casi todos los suelos, sin riesgo de que se produzcan Niveles perjudiciales de sodio intercambiable. Sin Embargo, cultivos sensibles el sodio, como algunos Frutales y aguates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

S2, Agua medio en sodio: Representa un peligro considerable de sodización, en suelo de textura fina con alta capacidad catiónica de cambio, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, al menos que el suelo contenga yeso. Esta agua puede usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad

S3, Agua alta en sodio: puede producir niveles perjudiciales de sodio intercambiable en la mayoría de los suelos. Por lo tanto, estos requerirán un manejo especial: buen drenaje, lavado abundante y adiciones de materia orgánica. Los suelos yesíferos, cuando se riegan como este tipo de aguas, no desarrollan niveles perjudiciales de intercambiable. Para sustituir este sodio intercambiable, pueden requerirse enmiendas químicas. Sin embargo, tales enmiendas no serán económicas si se usan aguas de muy alta salinidad.

S4, Agua muy alta en sodio: generalmente no es Satisfactoria para riego, excepto cuando su salinidad Es baja o quizá mediana y cuando la disolución del Suelo o la aplicación de yeso y otras enmiendas no hagan antieconómico el uso de estas clases de aguas

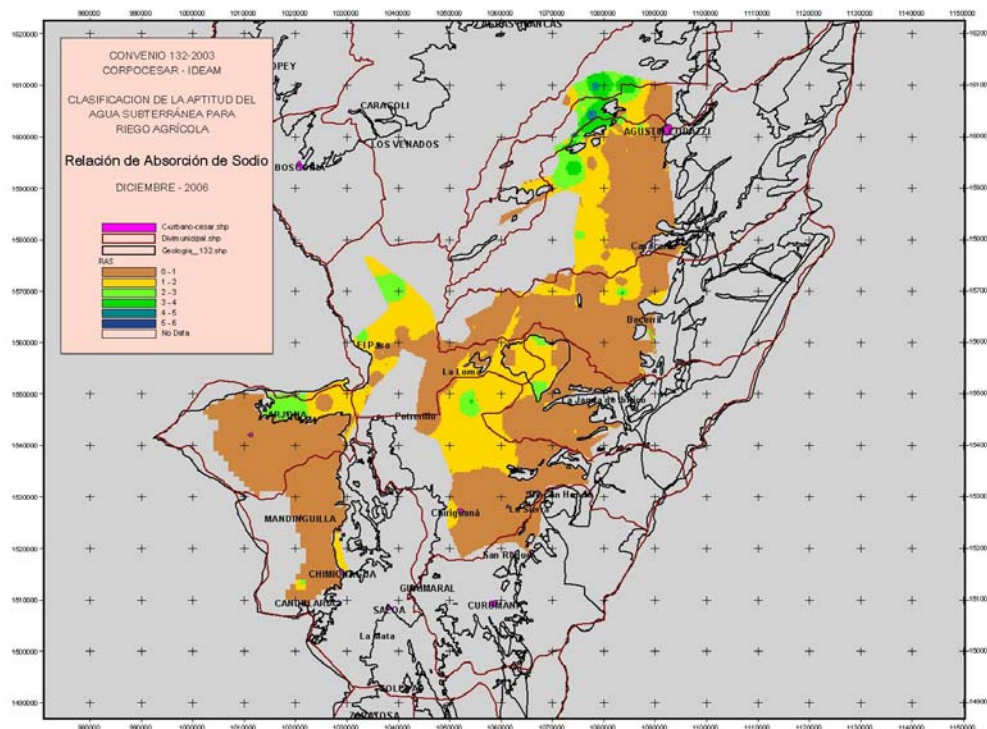


Figura 145. Zonificación del área del convenio 132-2003 de acuerdo a la relación de absorción de sodio RAS

➤ **Conductividad.**

En el eje de las abscisas del mismo diagrama, se presenta la conductividad eléctrica de las aguas, en micromhos/cm. Esta expresa el grado de salinidad de las aguas y esta relacionada con la concentración total de sales disueltas.

Los efectos de la salinidad son, en gran parte, osmótico y se manifiestan generalmente por retardo en el crecimiento, producción de plantas enanas con hojas cada vez más pequeñas.

En cuanto al riesgo que, por salinidad, presentan las aguas, el Laboratorio de salinidad del USDA estableció cuatro grupos guía, como se observa en el diagrama figura 1. Estos grupos se describen a continuación:

C1, Agua de salinidad baja: aguas con Conductividad (CE) a 25°C micromhos/cm en el rango $0 < CE < 250$, puede usarse para riego en la mayor parte de los cultivos y suelos, con poca probabilidad de que se desarrolle salinidad. Se requiere algún lavado, pero esto ocurre en condiciones normales de irrigación.

C2, Agua de salinidad media: aguas con Conductividad (CE) a 25°C micromhos/cm en el rango $250 < CE < 750$, puede usarse si hay un lavado moderado del suelo. En casi todos los casos pueden crecer plantas moderadamente tolerantes a las sales, sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad.

C3, Agua altamente salina: aguas con Conductividad (CE) a 25°C micromhos/cm en el rango $750 < CE < 2250$, no pueden usarse en suelos con drenajes deficiente. Aún con drenaje adecuado, pueden ser necesarias prácticas especiales de control de salinidad y seleccionar plantas con alta tolerancia a las sales.

C4, Agua muy altamente salina: aguas con Conductividad (CE) a 25°C micromhos/cm en el rango $2250 < CE < 5000$, no es adecuada para irrigación bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. los suelos deben ser permeables y el drenaje muy apropiado. El agua de irrigación debe aplicarse en exceso para que produzca un buen lavado. Deben seleccionarse cultivos altamente tolerables a las sales.

En el diagrama de clasificación de aguas para riego se distingue en función del RAS y la Conductividad, 16 clases.

➤ **Clasificación de las Aguas Subterráneas para Riego.**

Según el Diagrama Wilcox-Thorne. Para clasificar las aguas del presente estudio, se tiene en cuenta cuatro grandes grupos, de acuerdo con el riesgo por salinidad, (valores de conductividad).

a) **Clases:** **C1S1**, **C1S2**, **C1S3**, **C1S4**, para conductividades menores de 250 micromhos/cm.

b) **Clases:** **C2S1, C2S2, C2S3, C2S4**, para el rango de conductividad de 250 a 750 micromhos/cm

c) **Clases:** **C3S1, C3S2, C3S3, C3S4**, Para el rango de conductividad de 750 a 2.250 micromhos/cm.

d) **Clases:** **C4S1, C4S2, C4S3, C4S4**, para conductividad mayor de 2.250 micromhos/cm.

Los resultados de las muestras analizadas se agrupan en estos cuatro rangos de conductividades, lo anterior proporciona la siguiente agrupación de las aguas estudiadas:

El 62% se clasifica como C1S1 C2S1, las aguas de este grupo presentan salinidad de baja a media y bajo contenido de sodio. Pueden usarse en suelos que tengan lavado moderado y en plantas moderadamente tolerables a las sales, sin necesidad de practicas especiales de control de salinidad. En general son adecuadas para riego, Figura 145.

El 38% se encuentra dentro del rango amplio comprendido entre las clases C3S1, C3S2, C3S3, C4S1, C4S2, C4S3 y C4S4.

Las aguas de clasificación C3S1, presentan alto peligro de salinización y bajo peligro de sodización para los suelos. Pueden requerirse técnicas especiales para controlar la salinidad y seleccionar plantas con alta tolerancia a las sales. Por lo anterior, estas aguas se consideran de regular calidad para riego.

Las aguas de clasificación C3S2, C3S3, C4S1, C4S2, C4S3 y C4S4. presentan de alto a muy alto peligro de salinización y de medio a alto peligro de sodización para los suelos. En general, estas aguas pueden considerarse inadecuadas para riego. Figura 146.

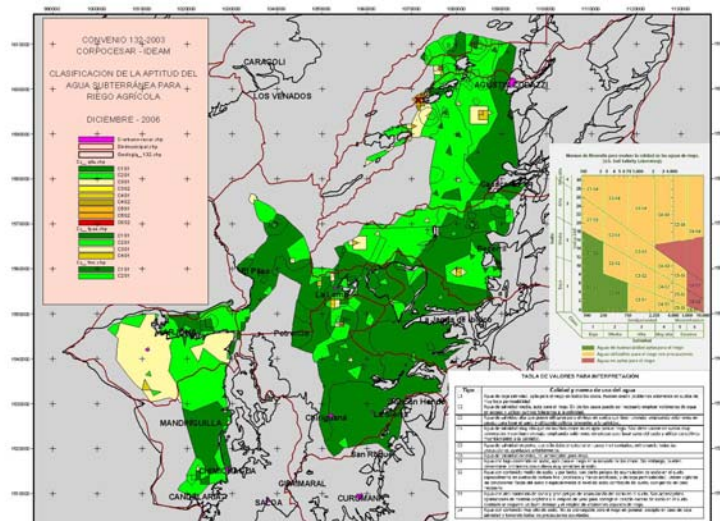


Figura 146. Zonificación área del convenio 132-2003 de acuerdo a Diagrama Wilcox-Thorne



11.2.4.2.3 Agua para Usos Industriales

El agua es esencial, prácticamente en todas las operaciones industriales, en términos generales, se utiliza para los siguientes fines: medio de transporte de materiales, lavado de equipos industriales, refrigeración y producción de vapor. Este es útil como fuente de electricidad o para accionar maquinaria.

El agua a utilizarse en una determinada industria, debe cumplir ciertos requisitos específicos de calidad, por tanto no es posible establecer, en este estudio, una norma general para el agua a utilizarse en las diversas finalidades industriales.

Para la generación de vapor, las exigencias de sólidos totales, alcalinidad total y los sólidos suspendidos varían en función de la presión de salida de la caldera.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente estudio, se evalúa en términos generales la calidad del agua subterránea para uso industrial, se hace énfasis en el efecto que puede presentar el agua sobre las tuberías de explotación y de abastecimiento. Para el efecto, se tienen en cuenta solamente las aguas de pozos y las de aquellos aljibes con caudal mayor de 2 litros/segundos, por considerarse que esta cantidad podría ser suficiente para abastecer una industria pequeña. Son 150 muestras las que presentan esta caudal, las cuales sustituyen el 63% del total de muestras de agua subterránea estudiadas.

➤ Corrosión e Incrustación.

Los fenómenos de corrosión e incrustación, generalmente se consideran simultáneamente debido al efecto colectivo sobre las instalaciones de pozos y sistemas de distribución de agua (Lloyd y Heathcote, 1985).

La corrosión es un fenómeno relacionado con un metal y el medio ambiente en nuestro caso, el agua en el que está inmerso. La corrosión se presenta cuando un metal se disuelve en el agua, este metal puede depositarse en forma de óxido en el punto donde se registra la corrosión.

La intensidad con la cual un agua es susceptible de corroer un materia o entrar en combinación con él, se denomina agresividad (Catalán, 1981).

Incrustación es la deposición de un precipitado, proveniente del agua, sobre los materiales de instalaciones de pozos, en tuberías o en los alrededores del acuífero.

Los compuestos de mayor importancia en el estudiado de incrustaciones, son los carbonatos y compuestos de hierro y de manganeso.

Desde el punto de vista de la corrosividad, el criterio más aceptado es la estabilidad, la cual se manifiesta mediante la saturación con carbonato de calcio, teniendo en cuenta su posible efecto sobre las tuberías de explotación y de abastecimiento.

Cuando un agua está sobresaturada con respecto al carbonato de calcio, CaCO_3 , éste tiende a precipitarse, y cuando es no saturada, tiende a disolver al CaCO_3 . Por consiguiente, un agua en equilibrio no tiene tendencia ni a precipitar ni a disolver el CaCO_3 .

Otros factores que intervienen en la calidad del agua para fines industriales son los iones cloruros, sulfatos, hierro y manganeso. Por otra parte, el Potencial Redox y el Oxígeno Disuelto, están estrechamente relacionados con el hierro y el manganeso.

➤ Hierro.

Es importante conocer el valor del hierro total en el agua, tanto para su uso en procesos industriales, como por ser causante de incrustaciones.

Según Hem (1971) la presencia de hierro en el agua en concentración mayores de 2.0 mg Fe/L, tiende a causar incrustaciones.

Los valores anómalos de hierro se localizan en los siguientes sitios; en la Jagua de Ibérico; en la región Chimichagua y la Candelaria

Para la eliminación de hierro en aguas subterráneas, entre otros, existen tres métodos; Precipitación y filtración; Intercambio iónico y la estabilización con polifosfatos.

➤ Manganeso

El interés de conocer los valores de manganeso es por los mismos motivos en el caso del hierro. Sin embargo, en general no es esencial la determinación del manganeso en suspensión puesto que, según Brown et al (1970), los compuestos manganosos son relativamente solubles en agua a valores de pH cercanos al neutro.

➤ Potencial Redox.

Según la definición de Hood y Rohlich en Catalán (1981), el potencial Redox (Eh) consiste en la presión electrónica existente en una solución, como resultado de las respectivas concentraciones de iones oxidantes y reductores presentes, el potencial redox es una medida del flujo de electrones que se intercambian en los procesos de oxidación – reducción, de oxidación depende del cambio de energía al tomar o dejar electrones. La medida del potencial redox es cualitativa, y se realiza mediante una pila redox.

El valor del potencial redox generalmente aumenta con la concentración de oxígeno y los iones Fe^{+3} , Mn^{+3} y baja al aumentar la materia orgánica, el ácido sulfúrico (H_2S) y los iones Fe^{+2} y Mn^{+2} . Según Fassbender (1982), valores del orden de +800 mv indican oxidación fuerte, y del orden de -300 mv, reducción fuerte, En las aguas subterráneas, los valores de potencial anormalmente existentes están entre +700 mv y -480 mv (Custodio & Llamas, 1983). En el caso particular como óxido férrico, Fe_2O_3 , a valores altos de potencial redox (Lloyd y Hesthote, 1985).



APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,

Procesos de oxidación en el agua son por ejemplo el cambio de Fe^{+2} a Fe^{+3} de los minerales primarios y la oxidación de sulfuros a sulfatos. Por otra parte, entre los procesos que suceden bajo condiciones reductoras se pueden mencionar la formación de compuestos ferrosos (Fe^{+2}) y manganeso (Mn^{+2}), a partir de férricos y mangánicos.

El estado de oxidación – reducción del agua subterránea cambia al exponerse ella a la atmósfera, pasando progresivamente a un estado oxidante, razón por la cual la medición debe hacerse de tal manera que impida al máximo la posibilidad de aireación.

En el caso de los aljibes, su condición superficial y el tipo de explotación a que se les someten hacen que sus aguas sufran una aireación casi continua, por lo cual, las mediciones de potencial redox no son confiables generalmente. Teniendo en cuenta que la medición del potencial redox es cualitativa y que en el caso de los pozos no se utilizó unidad sellada, los resultados obtenidos se consideran tentativos y se utilizan particularmente para ser relacionados con los resultados analíticos del hierro.

➤ **Oxígeno Disuelto**

Las aguas subterráneas, por lo general, son pobres en oxígeno. Su concentración, en la mayor parte de estas aguas varía entre 0 y 5 mg/L, frecuentemente contienen menos de 2 mg/L.

La presencia de oxígeno disuelto en el agua subterránea, normalmente indica que el agua ha estado recientemente en contacto con atmósfera, como sucede con el agua de infiltración. Sin embargo este oxígeno puede llegar a consumirse rápidamente por oxidación de materia orgánica presente. El oxígeno disuelto en el agua produce corrosividad en los sistemas de distribución (tuberías). La corrosión es directamente proporcional a la temperatura e inversamente al pH.

La toma de muestras para determinar el oxígeno disuelto, debe hacerse evitando al máximo la aireación del agua. En el caso de las aguas de pozos, deben tomarse precauciones, tal como en la determinación del potencial redox.

Las determinaciones de oxígeno disuelto realizadas, no se consideran representativas, por que al tomarlas no se pudo evitar la aireación.

➤ **Cloruros.**

Los cloruros en concentraciones mayores de 500 mg Cl^-/L constituyen un medio corrosivo, según criterio de Hem (1971). Su acción consiste en romper las capas protectoras de cobre y aluminio en las aleaciones.



APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,

➤ **Sulfatos.**

El ión sulfato, en presencia del ión calcio, es muy poco soluble menos de 250 mg CaSO_4/L , por lo cual es indeseable en los sistemas de evaporación.

El principal problema del ión sulfato se presenta en la industria de la construcción., en concentraciones mayores de 300 mg $\text{SO}_4^{=}/\text{L}$, el ión sulfato ataca al cemento, formando la sal denominada Candlot – Michaelis, de fórmula Probable $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 0_3 \text{H}_2\text{O}$. Este compuesto se descompone por hidrólisis, destruyéndose de esta manera el hormigón (Catalán, 1981).

12. MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL

El modelo hidrogeológico conceptual del departamento del Cesar se basa en el estado del arte de la exploración y evaluación hidrogeológica realizada hasta el presente, principalmente a partir de los estudios realizados por Angel C y Huguett, A (1995). Es importante destacar que el modelo hidrogeológico que a continuación se presenta para el área del convenio 132-2003, se basa principalmente en la información hidrogeológica existente y disponible recopilada; haciendo énfasis en los resultados de estudios geológicos de superficie y del subsuelo, la actualización de la recarga potencial a través de los suelos, la prospección geoelectrica, la hidrogeoquímica, la hidráulica e inventario de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales), y la caracterización química bacteriológica actualizada.

Angel (Ibidem) considerando que en é Departamento del Cesar existen regiones con características específicas, que condicionan para cada una de ellas la ocurrencia del agua subterránea; elaboran el Mapa Hidrogeológico del Departamento del Cesar, siguiendo esencialmente las directrices planteadas por la UNESCO (1989), para la cartografía del Mapa Hidrogeológico de Sur América.

Desde el punto de vista climático, las subprovincias hidrogeológicas se pueden clasificar como húmedas o áridas. UNESCO (1993), considerando que un clima árido es aquel en la precipitación media anual es inferior a la evaporación potencial media anual y un clima húmedo el inverso del anterior.

Se define un **SISTEMA ACUÍFERO (UNESCO, 1989)** como una unidad o formación geológica que puede contener a la vez uno o varios tipos de acuíferos (libres, semiconfinados, confinados, etc.) los cuales pueden almacenar grandes o pequeños volúmenes de agua, en condición de explotación o no.

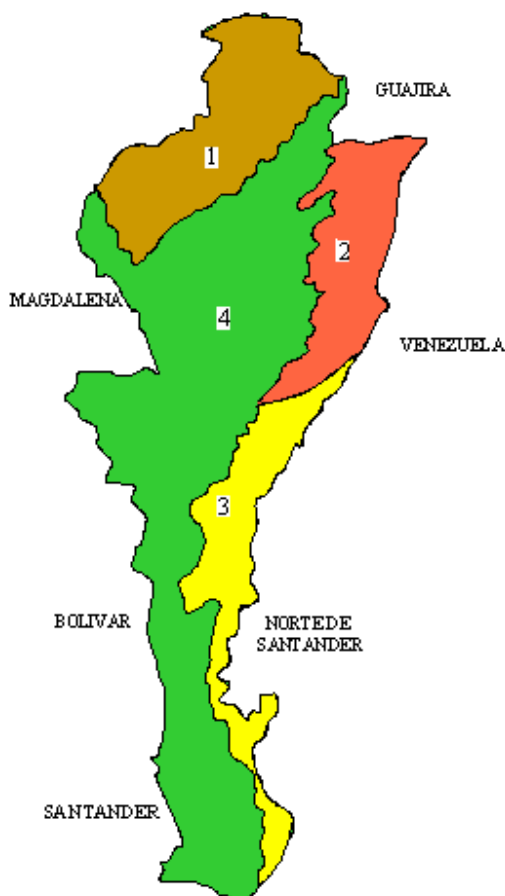
La clasificación hidrogeológica de las unidades geológicas presentes en el Departamento del Cesar se basan en su importancia con respecto a su potencialidad como acuíferos; asociada a sus características intrínsecas de pequeña escala (porosidad, conductividad hidráulica, calidad del agua) y por las de mayor escala (extensión, espesor y estructura); como también de circunstancias externas como la explotación, la recarga, la descarga y la relación de los mismos con otros acuíferos.

Los Sistemas Acuíferos que hay en las Subprovincias Hidrogeológicas se agrupan en **Clases Hidrogeológicas**. Con base en las características de las **Clases Hidrogeológicas** respecto a su potencialidad como acuíferos que pueden ser grande, intermedia, pequeña, muy pequeña o sin importancia se identificaron los **Grupos Hidrogeológicos** de acuerdo a su Importancia Relativa.

12.1 Subprovincias Hidrogeológicas.

El departamento del Cesar se ha dividido en cuatro Subprovincias Hidrogeológicas denominas: Figura 147.

- **Sierra Nevada de Santa Marta.**
- **Serranía de Perijá.**
- **Norte de la Cordillera Oriental**
- **Planicie del Cesar.**



- | | |
|---|---|
| 1 | SUBPROVINCIA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA |
| 2 | SUBPROVINCIA SERRANIA DE PERIJA |
| 3 | SUBPROVINCIA NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL |
| 4 | SUBPROVINCIA PLANICIE DEL CESAR |

Figura 147. Subprovincias Hidrogeológicas en el Departamento del Cesar.

En el área del convenio 132-2003 comprende áreas de las Subprovincias Serranía del Perijá y principalmente la Subprovincia Planicie del Cesar.



12.1.1. Subprovincia Hidrogeológica Serranía del Perijá.

La Subprovincia Hidrogeológica Serranía del Perijá se encuentra formada por metasedimentos, por rocas volcanoclásticas y sedimentarias de grano fino hasta conglomerático y algo de caliza.

La mitad norte de la subprovincia está marcada por una región árida extendida sobre rocas esencialmente no sedimentarias y en menor cantidad sobre calizas, con algún desarrollo de fracturas y karst, que ocupan el borde noroccidental, donde seguramente la recarga solo ocurre en periodos cortos de alta precipitación.

La mitad sur de esta subprovincia está cubierta por una región húmeda, abarcando mayormente unidades sedimentarias de areniscas y calizas que afloran por encima de los 500 m.s.n.m.

12.1.2. Subprovincia Hidrogeológica Planicie del Cesar.

La Subprovincia Hidrogeológica Planicie del Cesar litológicamente en su mayor parte está constituida por sedimentos aluviales con granulometría predominantemente gruesa, pertenecientes al cuaternario. En menor proporción se encuentran rocas sedimentarias de grano fino a grueso del terciario y rocas volcanoclásticas y flujos volcánicos del Triásico Jurásico, conformando estas últimas pequeños cerros aislados.

Los Depósitos Cuaternarios y las rocas terciarias con buena porosidad y permeabilidad, hacen que esta provincia sea la más importante como reservorio potencialmente explotable de aguas subterráneas.

En esta región se identifican una región húmeda y una árida, ambas sobre rocas sedimentarias. La primera se extiende desde el extremo sur del departamento hasta la Ciénaga de Zapatosa y desde allí hacia el nororiente, bordeando a la región montañosa hasta la altura de Casacará.

La región árida esta ubicada en la mitad norte del área ocupada por una zona plana, aproximadamente entre la Ciénaga de Zapatosa, el sector El Copey –Bosconia y la gran mayoría del Valle del Río Cesar.

12.2 Grupos Hidrogeológicos

El Departamento del Cesar fue dividido por Angel (Ibidem) en tres grandes **GRUPOS HIDROGEOLÓGICOS**, teniendo en cuenta el tipo de porosidad de sus unidades geológicas, su importancia hidrogeológica como almacenadoras de aguas subterráneas y sus posibilidades de explotación



- ***Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Muy pequeñas.***
- ***Grupo de Rocas Fracturadas y Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Pequeña.***
- ***Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas o Fracturadas con muy pequeña importancia Hidrogeológica o sin importancia.***

Cada uno de los Grupos Hidrogeológicos anteriores esta conformado por varias Clases Hidrogeológicas, de acuerdo a las características de los Sistemas Acuíferos, enfatizándose en su extensión y tipo de acuífero, su litología, la conductividad hidráulica y la calidad química del agua.

Las principales características de los grupos hidrogeológicos y los sistemas acuíferos se describen a continuación:

12.2.1 Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Muy pequeñas.

Representado por aquellos sedimentos inconsolidados y rocas poco compactas que presentan porosidad primaria y buenas posibilidades como acuíferos. Este grupo ha sido dividido en cuatro clases hidrogeológicas, cada una de las cuales a su vez agrupa a dos o más unidades geológicas (sistemas acuíferos) de edades cuaternarias y terciarias, depositadas en ambientes de carácter continental y marino. Este grupo hidrogeológico lo constituyen los siguientes sistemas ;

- **Sistema Acuífero Llanura Aluvial (Qlla)**
- **Sistema Acuífero Aluviones Recientes (Qal)**
- **Sistema Acuífero Abanicos Aluviales (Qcal).**
- **Sistema Acuífero Terraza (Qt).**
- **Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tppa)**
- **Sistema Acuífero Formación Cuesta (Tmc).**
- **Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb)**

En el área del convenio 132-2003 ocurren y se extienden los sistemas acuíferos anteriores, asociados a la Subprovincia Planicie del Cesar, en donde se comportan como reservorios y zonas de recarga, tránsito y descarga natural o artificial de las aguas subterráneas, Cortes Hidrogeológicos en Anexo .

12.2.1.1 Sistema Acuífero Llanura Aluvial (Qlla)

Se extiende y aflora únicamente en la Subprovincia Hidrogeológica Planicie del Cesar, convirtiéndose en el sistema de mayor extensión del departamento, con un área de

aproximadamente 8500 Km² que se extienden a través de una morfología plana a semiplana, desde los límites con el departamento de la Guajira en el nororiente y los del Magdalena en el noroccidente, hasta la parte central del Departamento del Cesar, entre las poblaciones de Pailitas y Palestina.

El Sistema Acuífero Llanura Aluvial, esta compuesto por sedimentos inconsolidados de origen aluvial que rellenaron durante el Cuaternario una paleo topografía irregular controlada por una tectónica de bloques y pliegues, razón por la cual son muy comunes sus cambios laterales de facies y de espesores.

Angel (Ibidem) adoptan siete (7) subdivisiones o sectores para este sistema correspondientes en todo o en parte a igual número de bloques tectónicos, limitados generalmente por una serie de fallas fosilizadas (cubiertas) de tipo regional; los cuales corresponden a: Figura 148.

- ✓ **Sector del Bloque del Río Cesar:** Compuesto por una serie de intercalaciones de gravas, arenas y arcillas provenientes de la erosión de rocas ígneo metamórficas, volcánicas y volcano-sedimentarias de la Sierra Nevada y de la Serranía del Perijá, conformando la Cuenca Media del Río Cesar.
- ✓ **Sector del Bloque de los Venados:** Conformada litológicamente por sedimentos cuaternarios representados por delgadas intercalaciones de arcilla arenosa, arena fina arcillosa, arena gruesa y arcilla.
- ✓ **Sector del Bloque Ariguaní;** Litológicamente constituido por delgadas intercalaciones de limos, arenas y algunas gravas.
- ✓ **Sector del Bloque Codazzi-Sicarare:** Constituido por intercalaciones de limos, arenas, arcillas y gravas
- ✓ **Sector del Bloque Becerril-La Loma;** Constituido Intercalaciones de arenas, gravas y arcillas.
- ✓ **Sector del Bloque Rincón Hondo;** Litológicamente constituido por arena fina, limo y delgadas capas de grava fina y media.
- ✓ **Sector del Bloque Astrea-San Alberto;** Litológicamente constituido por limos, arcillas, gravas y arenas.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

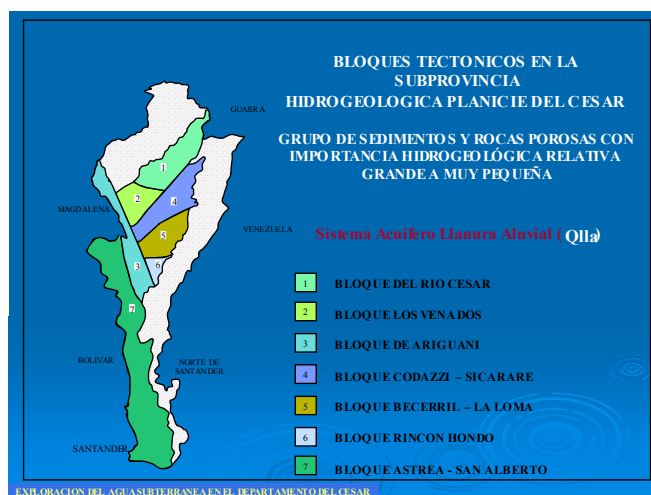


Figura 148. Sectores Tectónicos en el Sistema Acuífero Llanura Aluvial del Cesar (Qlla)

El Sistema Acuífero de Llanura Aluvial forma acuíferos continuos, de extensión regional limitada; son de tipo libre a confinado y tienen una importancia hidrogeológica relativa que varía de grande a pequeña según el sector o bloque tectónico donde se encuentre. En la Tablas 99, 100, 101, 102, 103, 104 y 105 se presentan las características hidrogeológicas más importantes de los sectores mencionados anteriormente.

Tabla 99. Características hidrogeológicas de los sectores o bloques tectónicos.

Sector	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)	Límites
Bloque del Río Ariguaní	Intermedio	Región Occidental-1400	Norte. Limite Departamento Magdalena Oriental: Falla de Caracolicito Occidental: Falla de Chimichagua Sur: Estribaciones Cordillera Oriental
Bloque Codazzi-Sicarare	Intermedio	Región Norcentral-1850	Norte. Falla de San Diego-Cuatro Vientos Nororiente: Estribaciones Serranía del Perijá Suroccidente: Falla de Caracolicito Sur: Falla de Chorro Pital
Bloque Becerril-La Loma	Intermedio	Región Norcentral-1070	Norte. Falla de Chorro Pital Nororiente: Estribaciones Serranía del Perijá y La Falla de Arenas Blancas Suroccidente: Falla de Caracolicito Suroriente: Estribaciones Serranía del Perijá y la Falla de Arenas Blancas
Bloque Rincón Hondo	Grande a Intermedia	Región Central-580	Norte: Trazo de la Falla de Arenas Blancas (Cubierta) Oriente: Estribaciones de la Cordillera Oriental Occidente: Falla de Caracolicito (cubierta)

			Suroccidente: Falla de Caracolicito (cubierta)
Bloque Astrea-San Alberto	Pequeña	Borde Centro Occidental-320	Norte: Limite Departamental Oriente: Trazo cubierto de la Falla de Chimichagua (cubierto) Occidente: Rocas Terciarias y Sistemas Acuíferos que rodean a la zona de Ciénagas Sur: Sistema Acuífero (Qcal) en Pailita y Palestina

Tabla 100. Espesor, litología y resistividad de los sectores o bloques tectónicos.

Sector	Espesor (m)	Litología	Resistividad (Ohm-m)
Bloque Ariguaní	10--40	Delgadas intercalaciones de limos, arenas y algunas gravas	5-30
Bloque Codazzi-Sicarare	10 a 40	Intercalaciones de limos, arenas, arcillas y gravas	30-200
Bloque Becerril- La Loma	10 a 100	Intercalaciones de arenas, gravas y arcillas	12-2000
Bloque Rincón Hondo	10 a 20	Arena fina, limo y delgadas capas de grava fina a media	15 a 200
Bloque Astrea-San Alberto	< 10	Llimos y arcillas (sector Astrea hasta la Vega); gravas y arenas (Saloa hasta Palestina).	

Tabla 101. Basamento, tipo de acuífero y litología de los sectores o bloques tectónicos.

Sector	Basamento	Tipo de Acuífero
Bloque Ariguaní	Rocas Terciarias	Acuífero Libre a Semiconfinado
Bloque Codazzi-Sicarare	Formación Barco	Acuífero Libre
Bloque Becerril- La Loma	Sistemas acuíferos plegados terciarios y cretáceos	Acuífero Libre
Bloque Rincón Hondo	No reportado	Acuífero Libre
Bloque Astrea-San Alberto	No reportado	Acuífero Libre

Tabla 102. Espesor y nivel estático de los sectores o bloques tectónicos.

Sector	Espesor (promedio)	NE (m)
Bloque Ariguaní	10-40 m	1.5 a 8
Bloque Codazzi-Sicarare	10-40 m	2 a 15
Bloque Becerril-La Loma	10 -100 m	5
Bloque Rincón Hondo	10-20 m	4
Bloque Astrea-San Alberto	< 10 m	3.5-4.5

Tabla 103 Calidad del agua subterránea de los sectores o bloques tectónicos.

Sector	Calidad del agua
Bloque Ariguaní	En general es Bicarbonatada Cálcica -magnésica y sódica. Salobre a Salada al norte del Paso. Clorurada a Sulfatada Cálcico Magnésica y Sódica al norte de Bosconia
Bloque Codazzi-Sicarare	Dulce, Bicarbonatada cálcico magnésica variando a sódica al suroccidente
Bloque Becerril-La Loma	Dulce, Bicarbonatada cálcico magnésica y de manera anómala clorurada-sulfatada
Bloque Rincón Hondo	Dulce, Bicarbonatada cálcico magnésica a excepción del área entre Arenas Blancas, Rincón Hondo, Chiriguaná y la Aurora donde no cumple los requisitos de pH, Fe y Mn.
Bloque Astrea-San Alberto	Dulce, Bicarbonatada cálcico magnésica a excepción del área de Saloa-Las Vegas-Zapatoza donde tiene problemas por pH y valores altos de Mn.

Tabla 104. Caudales captaciones, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento de los acuíferos y capacidad específica de las captaciones) en los sectores o bloques tectónicos.

Sector	Caudales : lps	K m/día	S	CE (lps/m)
Bloque Ariguaní	Aljibes ; 0.1 a 5	1 a 10	No reportado	No reportado
	Pozos: 2			
Bloque Codazzi-Sicarare	Aljibes ; 0.1 a 5	Parte nororiental : 10 Parte Sur : 0.1	No reportado	No reportado
	Pozos: 2 a 50			
Bloque Becerril-La Loma	Aljibes ; 05 en promedio	0.2 a 5 (Drummond (1983)	No reportado	No reportado
	Pozos; inexistentes			
Bloque	Aljibes y Pozos: 2	9 a 80	No	No reportado

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

Rincón Hondo			reportado	
Bloque Astrea-San Alberto	Aljibes ; 05 en promedio	0.01 a 0.001	No reportado	No reportado

Conductividad Hidráulica **K**
 Coeficiente Almacenamiento **S**
 Capacidad Específica **CE**

Tabla 105. Conductividad del agua y aptitud o uso del agua subterránea en los sectores o bloques tectónicos.

Sector	Tipo de Acuífero	Conductividad Umhos/cms	Características Físico Químicas
Bloque Ariguaní	Libre a Semiconfinado	No reportada	Aptas para el consumo Humano, excepto en áreas restringidas en Bosconia, y entre Potrerillos y Chiriguaná
Bloque Codazzi- Sicarare	Libre	400 a 1000	Aptas para el consumo Humano, amplia variación en cuanto a su aplicación para riego.
Bloque Becerril- La Loma	Libre	< 800	Aptas para el consumo Humano, excepto para el área circundada por las poblaciones de la Jagua, La Palmita, la Aurora, Potrerillo y la Loma donde no cumple pH, Fe y Mn
Bloque Rincón Hondo	Libre	< 400	Aptas para el consumo Humano, excepto para el área circundada por las poblaciones de la Jagua, La Palmita, la Aurora, Potrerillo y la Loma donde no cumple pH, Fe y Mn
Bloque Astrea- San Alberto	Libre	< 800	Aptas para el consumo Humano, excepto para el área de Saloa-Las Vegas-Zapatosa donde tiene problemas de pH y valores altos de Mn.

12.2.1.2 Sistema Acuífero Aluviones Recientes (Qal).

El Sistema Acuífero Aluviones recientes (Qal) aflora principalmente en la Subprovincia Hidrogeológica Planicie del Cesar al nororiente de la población de Chimichagua alcanza un área total de 15 Km², tabla 105. En sectores aislados ubicados en las cercanías de Chimichagua se considera de muy pequeña importancia hidrogeológica no disponiéndose de mayor información hidrogeológica para su caracterización, tabla 106.

Tabla 106. Importancia hidrogeológica y extensión del Sistema Acuífero Aluvión Reciente (Qal).

Sistema Acuífero	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)
Aluviones Recientes (Qal)	Muy Poca	Zonas aisladas al suroccidental y nororiental de Chimichagua 15 km ²

12.2.1.3 Sistema Acuífero Abanicos Aluviales(Qcal).

El Sistema Acuífero Abanicos Aluviales (Qcal) se encuentra representado por una serie de abanicos aluviales de origen aluvial, con sus ápices situados en las subprovincias hidrogeológicas Sierra Nevada de Santa Marta, Serranía del Perijá y Cordillera Oriental, de donde provienen, pero morfológicamente hacen parte de la Subprovincia Planicie del Cesar, sobre la que se encuentran depositados casi en su totalidad.

Los Abanicos que a continuación se relacionan se encuentran aislados unos de otros; presentan diferente importancia hidrogeológica relativa y corresponden para el área del convenio 132-2003 a los siguientes:

- **Abanico de Codazzi**
- **Abanico de Casacará.**
- **Abanico de la Jagua de Ibirico**

En la tabla se presentan las características hidrogeológicas de todos los abanicos de este sistema, tablas 107, 108, 109, 110 y 111.

Tabla 107. Importancia hidrogeológica y ubicación de los Abanicos Aluviales.

Sistema Acuífero	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)
Abanicos Aluviales (Qcal)	Pequeña Abanico de Codazzi	Se origina en la serranía del Perijá y sus límites bordean el municipio de Codazzi; presenta una extensión de 16 Km ² .
	Poca Importancia Abanico de Casacará	Se origina en la Serranía del Perijá, extendiéndose hacia el occidente y suroccidente, cubriendo un área de 30 Km ² aproximadamente.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECOMORFIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

	Muy pequeña Abanico de La Jagua de Ibirico	Se origina en la parte norte de la Serranía del Perijá, con su ápice en el cañon del Arroyo San Antonio.; cubriendo un área de 30 Km ² .
--	--	---

Tabla 108 Litología, espesores y resistividad de los Abanicos Aluviales.

Sistema Acuífero	Litología	Espesor	Resistividad (Ohm-m)
Abanico de Codazzi	Fragmentos de rocas sedimentarias detríticas y calizas en matriz arenosa con delgadas intercalaciones de arcillas y gruesas capas de arenas.	40	No reportado
Abanico de Casacará	Intercalaciones de arenas , limos y arcillas con algunos niveles de gravas y cantos donde abundan los fragmentos de calizas y areniscas.	< 20	40 a 150
Abanico de La Jagua de Ibirico	Cantos y bloques de rocas metasedimentarias y volcánicas, principalmente aglomerados y brechas hasta de 3 m de diámetro en una matriz arenosa.	No reportado	No reportado

Tabla 109. Tipo de acuífero, espesores, nivel estático, y caudales de los Abanicos Aluviales

Sistema Acuífero	Tipo de Acuífero	Espesor (promedio)	NE (m)	Caudales : lps
Qcal Abanico de Codazzi	Libre	40 a 60	3 a 6	Aljibes ; 1.5 en promedio
				Pozos ; 5 a 50
Qcal Abanico de Casacará	Libre	< 20	6 a 8	Aljibes : 05 a 1
Qcal Abanico de La Jagua de Ibirico	Libre	No reportado	No reportado	No reportado

Tabla 110. Calidad del agua , conductividad y aptitud para uso de los Abanicos Aluviales

Sistema Acuífero	Calidad del agua	Conductividad Agua	Características Físico Químicas
Qcal Abanico de Codazzi	Dulce, de tipo bicarbonatada cálcico magnésica	200 y 300 mhos/cms	Aptas para el consumo humano y para riego.
Qcal Abanico de Casacará	Dulce, de tipo bicarbonatada cálcico magnésica	200 mhos/cms	Aptas para el consumo humano y para riego.
Qcal Abanico de La Jagua de Ibirico	No reportado	No reportado	No reportado

Tabla 111. Conductividad hidráulica de los Abanicos Aluviales

Sistema Acuífero	Conductividad Hidráulica (m/día)
Qcal Abanico de Codazzi	5
Qcal Abanico de Casacará	No reportado
Qcal Abanico de La Jagua de Ibirico	No reportado

12.2.1.4 Sistema Acuífero Terrazas (Qt).

El Sistema Acuífero Terrazas (Qt) en el área del convenio se extiende de oriente a occidente de la Jagua de Ibirico, relacionada con los cauces de los ríos Sororia y la Quebrada San Antonio.

Desarrolla acuíferos de tipo libre, considerándosele de importancia hidrogeológica intermedia, por el relativo alto caudal que producen sus aljibes y su extensión considerable. En la tabla 112, 113, 114, 115, y 116 se presentan las características hidrogeológicas de este sistema.

Tabla 112. Importancia hidrogeológica y ubicación de las Terrazas Aluvial de La Jagua de Ibirico.

Sistema Acuífero	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)
Terrazas (Qt) La Jagua de Ibirico	Poca	Terraza de la Jagua de Ibirico que se extiende de oriente a occidente relacionada con los cauces de los ríos Sororia y la quebrada San Antonio; presenta una extensión de 65 Km ² .

Tabla 113. Litología, espesor y resistividad de la Terraza de La Jagua de Ibirico.

Sistema Acuífero	Litología	Espesor	Resistividad (Ohm-m)
Terrazas (Qt) La Jagua de Ibirico	Gravas , cantos y arenas dentro de una matriz areno-limosa	10 a 25	40 y 1000

Tabla 114 Litología de acuífero, espesor nivel estático, y caudales de las captaciones de la Terraza Aluvial de La Jagua de Ibirico.

Sistema Acuífero	Tipo de Acuífero	Espesor (promedio)	NE (m)	Caudales : lps
Qt Terraza Jagua de Ibirico	Libre	10 a 25	3 y 13	Aljibes : 0.36 m³/día

Tabla 115 Calidad del agua, conductividad y aptitud para uso de la Terraza Aluvial de La Jagua de Ibirico.

Sistema Acuífero	Calidad del agua	Conductividad	Características Físico Químicas
Qt Terraza Jagua de Ibirico	Dulce, de tipo bicarbonatada cálcico-magnésica y sulfatado clorurado cálcico-magnésica.	< 200 Umhos/cms	Aptas para riego pero con problemas puntuales para consumo humano por los valores de pH y manganeso.

Tabla 116. Conductividad hidráulica de la Terraza Aluvial de La Jagua de Ibirico.

Sistema Acuífero	Conductividad Hidráulica (m/día)
Qt Terraza Jagua de Ibirico	0.1 a 1

12.2.1.5 Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa).

El Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa) aflora en el extremo centro-occidental del departamento, asociado a la subprovincia hidrogeológica de la Planicie del Cesar. Es de extensión regional limitada y continua, con una importancia hidrogeológica intermedia, por la relativa baja producción de sus diferentes capas acuíferas. En la tabla 117, 118, 119, 120 y 121 se presentan las características hidrogeológicas de este sistema.

Tabla 117. Importancia hidrogeológica y ubicación del Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa)

Sistema Acuífero	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)
Sedimentitas de Arjona (Tpaa)	Intermedia	Sus afloramientos se encuentran en la Subprovincia Hidrogeológica Planicie del Cesar, aflorando en el extremo centro-occidental del departamento en una extensión de 960 Km ² aproximadamente. En el subsuelo de la planicie del Cesar, asociado a los bloques tectónicos Ariguani, Codazzi-Sicarare, Becerril-La Loma y Astrea -San Alberto.

Tabla 118. Tipo de Acuífero, espesores, nivel estático y caudal del Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa)

Sistema Acuífero	Símbolo	Tipo de Acuífero	Espesor	NE (m)	Caudales : lps
Sedimentitas de Arjona	Sector Bloque Tectónico de Ariguani.	Confinado de tipo multicapas	No reportado	4.5 y 10 (piezométrico)	Pozos : 1.5 a 25
	Sector al oeste de los Bloques Tectónicos, Codazzi-Sicarare, Becerril-La Loma y Rincón Hondo.	Confinado de tipo multicapas	No reportado	No reportado	Pozos : < de 5
	Sector Bloque Tectónico Astrea San Alberto	Confinado de tipo multicapas pero puede variar de libre a semiconfinado	No reportado	5 (piezométrico)	Pozos : 2 a 30
	Sector Astrea-Mandinguilla-Candelaria y alrededores de Curumani	Confinado de tipo multicapas	No reportado	No reportado	No reportado

Tabla 119. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa)

Sistema Acuífero	Sector	Características litológicas, espesor(m) y resistividad (Ohm-m)
Sedimentitas de Arjona (Tpaa)	Sector de Mandingulla-Astrea	Secuencia semihorizontal de arcillolitas ligeramente arenosa y capas de areniscas de grano fino poco cementadas, con capas delgadas y esporádicas calizas y arcillolitas calcáreas; 400 m de espesor, y de 5 a 70 Ohm-m.
	Sector Bloque Tectónico de Ariguaní	Resistividad de 5 a 30 Ohm-m y hasta 70 Ohm-m (EL Paso)
	Sector Bloque Tectónico Astrea San Alberto	Resistividad de 9 a 60 Ohm-m
	Sector Occidental de los Bloques Tectónicos Codazzi-Sicarare, Becerril-La Loma y Rincón Hondo.	resistividad de 10 a 50 Ohm-m

Tabla 120. Calidad, conductividad y características físico químicas del Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa)

Sistema Acuífero	Símbolo	Calidad, Conductividad del agua y Características Físico Químicas
Sedimentitas de Arjona Tpaa	Sector Bloque Tectónico de Ariguaní.	No reportado
	Sector Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare, Becerril-La Loma y Rincón Hondo.	No reportado

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

	Sector Bloque Tectónico Astrea San Alberto	No reportado
	Sector Rastrea-Mandinguilla-Candelaria y alrededores de Curumani	Dulce, de tipo bicarbonatada sódica y puntualmente cálcica. Para consumo humano tienen un pH bajo (< 6.5) y en el sector de Chimichagua valores altos de hierro (> 1 mg/l). Para irrigación son generalmente adecuadas, localmente de calidad regular.

Tabla 121. Tipo de acuífero, conductividad hidráulica del Sistema Acuífero Sedimentitas de Arjona (Tpaa)

Sistema Acuífero	Símbolo	Tipo de Acuífero	Conductividad Hidráulica (m/día)
Sedimentitas de Arjona	Sector Bloque Tectónico de Ariguaní.	Confinado de tipo multicapas	10 a 90
	Sector Bloque Tectónico Bloques Codazzi-Sicarare, Becerril-La Loma y Rincón Hondo.	Confinado de tipo multicapas	No reportado
	Sector Bloque Tectónico Astrea San Alberto	Confinado de tipo multicapas pero puede variar de libre a semiconfinado	4 y 9
	Sector Astrea-Mandiguilla-Candelaria y alrededores de Curumani	Confinado de tipo multicapas	No reportado

12.2.1.6 Sistema Acuífero Formación Cuesta (Tmc).

El Sistema Acuífero Formación Cuesta se aflora y se extiende en el subsuelo de la Subprovincia hidrogeológica Planicie del Cesar únicamente; específicamente en la parte central del departamento entre las poblaciones de la Loma y Becerril. Desarrolla acuíferos no continuos de extensión regional limitada, libres y confinados de tipo multicapas, clasificándose como de mediana importancia hidrogeológica debido a su relativa baja

productividad y a los valores de resistividad reportados en los acuíferos profundos que aún no han sido explotados. En la tabla 122, 123, 124, 125 y 126 se presentan las características hidrogeológicas de este sistema.

Tabla 122. Importancia Hidrogeológica y ubicación de la Formación Cuesta (Tmc).

Sistema Acuífero	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)
Formación Cuesta (Tmc)	Mediana	Sus afloramientos se encuentran en la Subprovincia Hidrogeológica Planicie del Cesar, en la parte central del departamento entre las poblaciones de la Loma y Becerril .ocupando una extensión de 110 Km ² .

Tabla 123. Tipo de Acuífero, espesor promedio, nivel estático y caudales del Sistema Acuífero Formación Cuesta.

Sistema Acuífero	Sectores	Tipo de Acuífero	Espesor	NE (m)	Caudales : lps
Formación Cuesta (Tmc)	Bloque Becerril- La Loma	Libre (alrededores de La loma	No reportado	3.5 a 10.5 (pozos) 2 a 4 (aljibes)	Aljibes : 0.5 a 1 Pozos : 2.5
	Bloque Ariguaní- Rincón Hondo	Confinado	> 100	No reportado	No reportado

Tabla 124. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Formación Cuesta(Tmc).

Sistema Acuífero	Sectores	Litología, Espesor promedio (m) y Resistividad (Ohm-m)
Formación Cuesta (Tmc)	Sectores de los Bloques Tectónicos Becerril-La Loma, Rincón Hondo y del Ariguaní.	Sedimentos semiconsolidados de areniscas cuarzosas de grano medio, intercaladas con conglomerados de matriz arenosa , areniscas con costras ferruginosas y arcillolitas limosas, espesor promedio 800 m, resistividad 15 a 300 Ohm-m

Tabla 125. Calidad y características físico químicas del agua del Sistema Acuífero Formación Cuesta (Tmc).

Sistema Acuífero	Sectores	Calidad y Características Físico Químicas del agua.
Formación Cuesta (Tmc)	Bloque Becerril- La Loma	Dulce, Adecuada para consumo humano y riego, con tendencia ser de tipo bicarbonatada cálcica.
	Bloque Ariguaní-Rincón Hondo	No reportado

Tabla 126 Conductividad Hidráulica del Sistema Acuífero Formación Cuesta (Tmc).

Sistema Acuífero	Sectores	Conductividad Hidráulica (m/día)
Formación Cuesta (Tmc)	Bloque Becerril- La Loma	5 y 25 (Acuífero Libre)
	Bloque Ariguaní-Rincón Hondo	No reportado

12.2.1.7 Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).

El Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb) aflora únicamente en la subprovincia hidrogeológica Serranía del Perijá; haciendo parte de l Sinclinal y Anticlinal de la Jagua. Desarrolla acuíferos no continuos, de extensión regional limitada, multicapas y de tipo confinado a semiconfinado; se le considera de pequeña importancia hidrogeológica. En las tablas 127, 128, 129, 130 y 131 se presentan las características hidrogeológicas de este sistema.

Tabla 127. Importancia Hidrogeológica del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).

Sistema Acuífero	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)
Formación Barco (Tpb)	Pequeña	Aflora unicamente en la subprovincia hidrogeológica Serranía del Perijá, en una extensión de aproximadamente 40 Km ² , haciendo parte del Sinclinal y Anticlinal de la Jagua de Ibirico.

Tabla 128. Litología, espesor promedio del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).

Sistema Acuífero	Sector	Litología, Espesor y Resistividad (Ohm-m)
Formación Barco (Tpb)	Subprovincia Hidrogeológica Serranía del Perijá (anticlinal y sinclinal de la Jagua) y en el subsuelo de Planicie del Cesar asociado a los Bloques Tectónicos Codazzi-Sicarare y Becerril- La Loma.	Bancos de areniscas deleznales, de grano fino, amarillentas, hasta de 2 m de espesor, intercaladas con delgadas capas de arcillolitas amarillentas.

Tabla 129. Tipo de Acuífero, Nivel estático y Caudales del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).

Sistema Acuífero	Símbolo	Tipo de Acuífero	NE (m)	Caudales : lps
Formación Barco (Tpb)	Subprovincia Hidrogeológica Serranía del Perijá (anticlinal y sinclinal de la Jagua) y en el subsuelo de Planicie del Cesar asociado a los Bloques Tectónicos Codazzi-Sicarare y Becerril-La Loma.	Confinados a semiconfinados multicapas , no continuos.	3.5 a 11.5 m (Bloque Codazzi-Sicarare).	1.5 a 5 lps (pozos), localmente 20 lps. (Bloque Codazzi-Sicarare)

Tabla 130. Calidad y Características del Sistema Acuífero físico químicas del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).

Sistema Acuífero	Símbolo	Calidad y Características Físico Químicas
Formación Barco (Tpb)	Subprovincia Hidrogeológica Serranía del Perijá (anticlinal y sinclinal de la Jagua) y en el subsuelo de Planicie del Cesar asociado a los Bloques Tectónicos Codazzi-Sicarare y Becerril-La Loma.	Las aguas desde el punto de vista físico-químico requieren puntualmente tratamiento para consumo humano (pH y hierro); para riego son de regular calidad y geoquímicamente se clasifican como de tipo bicarbonatada cálcica a sódica y clorurada sódica.

Tabla 131. Conductividad Hidráulica del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).

Sistema Acuífero	Símbolo	Tipo de Acuífero	Conductividad Hidráulica (m/día)
Formación Barco (Tpb)	Subprovincia Hidrogeológica Serranía del Perijá (anticlinal y sinclinal de la Jagua) y en el subsuelo de Planicie del Cesar asociado a los Bloques Tectónicos Codazzi-Sicarare y Becerril-La Loma.	Confinados a semiconfinados multicapas , no continuos.	5 (puntualmente), Bloque Codazzi-Sicarare.

12.2.2 Grupo de Rocas Fracturadas y Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Pequeña.

Este grupo se encuentra representado por rocas detríticas y calcáreas compactas, que tienen una porosidad secundaria por fracturamiento, la cual en las calcáreas y para algunas zonas se han mejorado por disolución (karstificación), permitiendo allí el almacenamiento localizado de un importante volumen de agua subterráneas, convirtiéndose en buenos acuíferos, en ciertas zonas restringidas.

Este grupo presenta cuatro clases hidrogeológicas que incluyen a los siguientes sistemas acuíferos de edad cretácica y terciaria;

- **Sistema Acuífero Formación La Luna (Ksl)**
- **Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc)**
- **Sistema Acuífero Formación Río negro (Kir).**
- **Sistema Acuífero Formación Los Cuervos (Tec).**

Los sistemas anteriores se extienden en el subsuelo de la Subprovincia hidrogeológica Planicie del Cesar, donde hacen parte de varias estructuras geológicas, cubiertas generalmente por el Sistema Acuífero Llanura Aluvial, bajo el cual se encuentran formando acuíferos confinados. En la tabla se presentan las características hidrogeológicas de este grupo.

12.2.2.1 Sistema Acuífero Formación La Luna (Ksl)

El Sistema Acuífero Formación La Luna (Ksl) aflora en áreas de poca extensión, específicamente al oriente del municipio del municipio de Becerril en la Subprovincia Hidrogeológica Serranía del Perijá, al oriente del corregimiento La Mata y al norte de San Alberto en la Subprovincia Región Norte de la Cordillera Oriental y al nororiente de la localidad de Puerto Lajas, en la parte norcentral de la Subprovincia Planicie del Cesar. Por sus características, este es un sistema que incluye acuíferos locales, discontinuos, de tipo libre a confinados y se considera de importancia hidrogeológica grande a pequeña. En la tabla 132, 133, 134, 135 y 136 se presentan las características hidrogeológicas de este sistema

Tabla 132. Importancia Hidrogeológica del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).

Sistema Acuífero	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)
Formación La Luna (Ksl)	Grande a Pequeña	Aflora en un área de 85 Km ² , en la Subprovincia Hidrogeológica Serranía del Perijá (Oriente del Municipio de Becerril), en la Subprovincia Región Norte de la Cordillera Oriental (oriente del corregimiento de la Mata y al norte de San Alberto); en la parte norcentral de la Subprovincia Planicie del Cesar.

Tabla 133. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).

Sistema Acuífero	Sectores	Litología, Espesor promedio, y Resistividad (Ohm-m)
Formación La Luna (Ksl)	Subprovincia hidrogeológica Serranía de Perijá (Sinclinal y Anticlinal de la Jagua) y en el Subsuelo de la Planicie del Cesar (Región Nororiental del Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare)	Secuencia alternante de lutitas negras carbonosas, limolitas, arcillolitas y calizas negras bituminosas en estratos delgados a medianos, intercalados con lentes de chert y de areniscas calcáreas. Espesor promedio 30 a 70 m y resistividad de 60 a 300 Ohm-m.
	Subsuelo de la Planicie del Cesar (Región Suroccidental del Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare)	La secuencia se profundiza a profundidades > de 300 metros, por lo que no es captada por ningún pozo. La resistividad en este sector (Casacará-Hacienda Walkirias) no es muy favorable.
	Subsuelo de la Planicie del Cesar (Bloque Tectónico Becerril-La Loma)	La secuencia se encuentra cubierta por sedimentos cuaternarios correspondientes al sistema acuífero Depósitos de Llanura Aluvial, presentando resistividades que fluctúan entre 50 y 500 Ohm-m.
	Subsuelo de la Planicie del Cesar (Bloque Tectónico Astrea-San Alberto)	Presenta condiciones geológicas favorables al igual que sus resistividades que son del orden de 40 Ohm-m. En Ayacucho y Simaña se encuentra relativamente somero (profundidades entre 50 y 120 m respectivamente).

Tabla 134. Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).

Sistema Acuífero	Símbolo	Tipo de Acuífero	Espesor	NE (m)	Caudales : lps
Formación La Luna (Ksl)	Subsuelo de la Planicie del Cesar (Región Nororiental del Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare)	Locales, discontinuos, de tipo libre a confinado.	30 a 70 m	No reportado	10 a 60 lps (pozos) en la Región Nororiental del Bloque Codazzi-Sicarare. En el bloque Astrea-San Alberto, específicamente en Pelaya, pozos de 15 lps.

Tabla 135. Calidad y Características físico químicas del agua del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).

Sistema Acuífero	Símbolo	Calidad y Características Físico Químicas del agua.
Formación La Luna (Ksl)	Subsuelo de la Planicie del Cesar (Región Nororiental del Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare)	Desde el punto de vista físico-químico varían de ligeramente salobre a dulce, de tipo bicarbonatada cálcica magnésica y sódica, necesita normalmente tratamiento para disminuir su dureza para fines de consumo humano. Para irrigación varía en su calidad de regular a inadecuada.

Tabla 136. Conductividad Hidráulica del Sistema Acuífero Formación Barco (Tpb).

Sistema Acuífero	Símbolo	Tipo de Acuífero	Conductividad Hidráulica (m/día)
Formación La Luna (Ksl)	Subsuelo de la Planicie del Cesar (Región Nororiental del Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare)	Locales, discontinuos, de tipo libre a confinado.	10^{-2} a 50 (Región Nororiental del Bloque Codazzi-Sicarare)

12.2.2.2 Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc)

El sistema Acuífero Grupo Cogollo aflora en las cuatro subprovincias hidrogeológicas del Departamento; sus afloramientos aparecen en la esquina suroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta y en la Serranía del Perijá entre los municipios de Codazzi y Becerril. El alto grado de fracturamiento y karstificación que presenta el Grupo Cogollo en superficie, así como también el rendimiento de los pozos que los captan en algunos sectores, definen a este sistema acuífero como de tipo confinado a semiconfinado, de carácter local y discontinuo, con importancia hidrogeológica variando de grande a pequeña. En la tablas 137, 138, 139, 140 y 141 se presentan las características hidrogeológicas de este sistema

Tabla 137. Importancia Hidrogeológica del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc).

Sistema Acuífero	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)
Grupo Cogollo (Kmc)	Grande a Pequeña debido a su alto grado de fracturamiento y karstificación y rendimiento de los pozos	Aflora en un área de 580 Km ² ; en la esquina suroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en La Serranía del Perijá y en el Subsuelo de la Planicie del Cesar.

Tabla 138. Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc).

Sistema Acuífero	Sector	Tipo de Acuífero	Espesor	NE (m)	Caudales : lps
Grupo Cogollo (Kmc)	Sector Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare y Becerril-La loma y Rincón Hondo	Confinado a semiconfinado, de carácter local y discontinuo	1200 a 3000	No reportado	Pozos: 50 a 100 lps.

Tabla 139. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc).

Sistema Acuífero	Sector	Litología, Espesor y Resistividad (Ohm-m)
Grupo Cogollo (Kmc)	Sector Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare	Gruesas intercalaciones de calizas, calizas arenosas y delgadas capas de limolitas calcáreas, afectadas por diaclasas y procesos de disolución (grietas, dolinas, cavernas) especialmente en la Serranía del Perijá. Espesor reportado 1200 a 3000 m. En el sector nororiental de este bloque presenta valores de resistividad de 200 Ohm-m (Sinclinal al occidente de Codazzi) y al sur de la estructura anterior presenta valores de 100 Ohm-m o menos hacia el flanco oriental.
	Sector Bloque Tectónico Becerril-La Loma y Rincón Hondo	El alto grado de buzamiento de sus estratos le crea una situación desfavorable al profundizarse en el bloque Becerril-La Loma. En el bloque Rincón Hondo presenta valores de resistividad (25 a 150 Ohm-m) encontrándose a poca profundidad.

Tabla 140 Tipo de acuífero, calidad y características físico química del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc).

Sistema Acuífero	Sector	Tipo de Acuífero	Calidad y Características Físico Químicas
Grupo Cogollo (Kmc)	Sector Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare y Becerril-La loma y Rincón Hondo	Confinado a semiconfinado, de carácter local y discontinuo	Dulces en su mayoría de tipo bicarbonatadas sódicas o magnésicas; para irrigación varia en su calidad desde adecuadas hasta de regular calidad

Tabla 141 Tipo de acuífero y conductividad hidráulica del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (Kmc).

Sistema Acuífero	Sector	Tipo de Acuífero	Conductividad Hidráulica (m/día)
Grupo Cogollo (Kmc)	Sector Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare y Becerril-La loma y Rincón Hondo	Confinado a semiconfinado, de carácter local y discontinuo	10^{-2} a 50 (Región Nororiental del Bloque Codazzi-Sicarare)

12.2.2.3 Sistema Acuífero Formación Río negro (Kir)

El sistema acuífero Formación Ríonegro (Kir) aflora en gran extensión en las subprovincias hidrogeológicas Serranía del Perijá y Región Norte de la Cordillera Oriental. Sus características litológicas le proporcionan un alto grado de almacenamiento de aguas subterráneas, sus áreas de recarga son restringidas por su extensión, formando acuíferos semiconfinados a confinados de carácter local, por estar supeditados a zonas fracturadas por los factores anteriores se considera de pequeña importancia hidrogeológica. En la tablas 142, 143, 144,145 y 146 se presentan las características hidrogeológicas de este sistema

Tabla 142. Importancia Hidrogeológica del Sistema formación Rionegro (Kir).

Sistema Acuífero	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)
Formación Rionegro (Kir)	Pequeña	Aflora en gran extensión en las Subprovincia Hidrogeológicas Serranía de Perijá.

Tabla 143. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Formación Rionegro (Kir).

Sistema Acuífero	Sector	Litología, Espesor y Resistividad (Ohm-m)
Formación Rionegro (Kir)	Subprovincia Hidrogeológica Serranía del Perijá	Secuencia constituida por areniscas de grano grueso, areniscas conglomeráticas y conglomerados con matriz arenosa, con intercalaciones de limolitas y arcillolitas, Espesor 80 a 400 m

Tabla 144 Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Formación Rionegro (Kir).

Sistema Acuífero	Sector	Tipo de Acuífero	Espesor (m)	NE (m)	Caudales : lps
Formación Rionegro (Kir)	Subprovincia Hidrogeológicas Serranía del Perijá.	Semiconfinados a confinados de carácter local (zonas fracturadas)	80 a 400	4.5 a 6 (sector sur de Rincón Hondo).	Pozos: 2 lps promedio

Tabla 145. Calidad y características físico química del Sistema Formación Rionegro (Kir)

Sistema Acuífero	Sector	Características Físico Químicas
Formación Rionegro (Kir)	Subprovincia Hidrogeológicas Serranía del Perijá.	Dulce, de tipo bicarbonatado cálcico-magnésico. El agua requiere ser tratada para reducir el contenido de manganeso para que sea apta para el consumo humano.

Tabla 146 Tipo de acuífero y conductividad hidráulica del Sistema Acuífero Formación Rionegro (Kir)

Sistema Acuífero	Sector	Tipo de Acuífero	Conductividad Hidráulica (m/día)
Formación Rionegro (Kir)	Subprovincia Hidrogeológicas Serranía del Perijá.	Semiconfinados a confinados de carácter local (zonas fracturadas)	10^{-2} a 5 (Dependiendo de la densidad de fracturamiento al sur de Rincón Hondo)

12.2.2.4 Sistema Acuífero Formación Los Cuervos (Tec).

El Sistema Acuífero Formación Los Cuervos (Tec) aflora en la parte sur de la Subprovincia Serranía de Perijá, al oriente de la población de la Jagua de Ibirico, haciendo parte del anticlinal y sinclinal de la Jagua. Forma parte también de la Subprovincia Planicie del Cesar en el bloque Tectónico Becerril- La Loma. De acuerdo a sus características litológicas e hidráulicas de sus capas acuíferas este sistema se considera de tipo multicapa semiconfinado a confinado, de carácter local y pequeña importancia hidrogeológica. En la tablas 147, 148, 149, 150 y 151 se presentan las características hidrogeológicas de este sistema

Tabla 147. Importancia Hidrogeológica del Sistema Formación Los Cuervos (Tec)

Sistema Acuífero	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)
Formación Los Cuervos (Tec)	Pequeña	Aflora en un área de 13 Km ² hacia la parte sur de la Subprovincia Serranía del Perijá (anticlinal y sinclinal de la Jagua; forma parte también de la Subprovincia Planicie del Cesar (Bloque Tectónico Becerril-La Loma).

Tabla 148. Litología, espesor y resistividad del Sistema Formación Los Cuervos (Tec)

Sistema Acuífero	Sector	Litología, Espesor Promedio y Resistividad (Ohm-m)
Formación Los Cuervos (Tec)	Subprovincia Hidrogeológica Serranía de Perijá y Subprovincia Planicie del Cesar.	Secuencia constituida por arcillas negras, grises, verdosas y amarillentas con delgadas intercalaciones de areniscas gris de grano medio, matriz arcillosa y mantos de carbón, espesor 400m,
	Subsuelo del Bloque Tectónico Becerril-La Loma)	Presenta valores de resistividad entre 20 y 50 Ohm-m aunque estos oscilan entre 10 y 300 Ohm-m.

Tabla 149 Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Formación Los Cuervos (Tec).

Sistema Acuífero	Sector	Tipo de Acuífero	Espesor (m)	NE (m)	Caudales : lps
Formación Los Cuervos (Tec)	Subprovincia Hidrogeológica Serranía de Perijá y Subprovincia Planicie del Cesar.	Semiconfinado a confinado, multicapa, de carácter local.	400	4.5 a 6 (sector sur de Rincón Hondo).	2 a 5 lps (pozos)
	Subsuelo del Bloque Tectónico Becerril-La Loma)	Semiconfinado a confinado, multicapa, de carácter local.			

Tabla 150. Calidad y características físico química del Sistema Formación Los Cuervos (Tec)

Sistema Acuífero	Sector	Tipo de Acuífero	Calidad y Características Físico Químicas
Formación Los Cuervos (Tec)	Subprovincia Hidrogeológica Serranía de Perijá y Subprovincia Planicie del Cesar.	Semiconfinado a confinado, multicapa, de carácter local.	Localmente dulce, de tipo bicarbonatada magnésica, requiere tratamiento para consumo humano por la presencia de hierro. Para riego esta en el límite entre adecuada y regular.
	Subsuelo del Bloque Tectónico Becerril-La Loma)	Semiconfinado a confinado, multicapa, de carácter local.	

Tabla 151 Conductividad hidráulica y Coeficiente de Almacenamiento del Sistema Formación Los Cuervos (Tec).

Sistema Acuífero	Conductividad Hidráulica (m/día)	Coeficiente de Almacenamiento
Formación Los Cuervos (Tec)	$K = 1 \cdot 10^{-2}$ a 10	$S = 1 \cdot 10^{-3}$ a $1 \cdot 10^{-5}$

12.2.3 Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas o Fracturadas con muy pequeña importancia Hidrogeológica o sin importancia.

El Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas o Fracturadas con muy Pequeña Importancia Hidrogeológica a sin Importancia está conformado por tres clases hidrogeológicas correspondientes a

- **Depósitos Sedimentarios Cuaternarios con diferentes orígenes y Rocas sedimentarias Terciarias.**
-
- **Rocas Sedimentarias y Volcanosedimentarias de edades cretácicas y triásico-jurásicas**
-
- **Rocas Volcánicas, Igneas y metamórficas. Con edades entre el cretácico y precámbrico.**

Las características litológicas y las pruebas de bombeo de los sistemas acuíferos en que se agrupan las clases hidrogeológicas anteriores indican que tiene conductividades hidráulicas bajas a muy bajas considerándose de pequeña a muy pequeña importancia hidrogeológica, e inclusive en muchos casos los acuíferos están prácticamente ausentes. Las tres clases

anteriores agrupan alrededor de 30 sistemas, las cuales se ubican mayormente en la Subprovincias Sierra Nevada de Santa Marta y Norte de la Cordillera Oriental y en menor proporción en las Subprovincias Serranía del Perijá y Planicie del Cesar.

En el área del convenio 132-2003 se presentan los Depósitos Cuaternarios de origen fluviolacustres (Qfl).

12.2.3.1 Depósitos Sedimentarios Cuaternarios con diferentes orígenes y Rocas sedimentarias Terciarias

Los Depósitos Sedimentarios Cuaternarios pueden ser de origen fluvio-lacustres, coluvial y glacial. Los Depósitos fluviolacustres (Qfl) que afloran en la margen suroccidental de la Subprovincia Planicie del Cesar presentan alguna importancia local y extensión considerable.

12.2.3.1.1 Sistema Acuífero Depósitos Fluviolacustres (Qfl).

Este Sistema se extiende únicamente en la Subprovincia Planicie del Cesar, aflorando en una delgada franja paralela al río Magdalena, que conforma una zona de ciénagas sujeta a inundaciones periódicas de los ríos Magdalena y Lebrija. En este sistema se desarrollan acuíferos locales, de poca extensión y generalmente de tipo libre, considerándosele por su granulometría fina y su limitado espesor como de relativamente de muy pequeña importancia hidrogeológica. En las tablas 152, 153, 154, 155 y 156 se presentan las características hidrogeológicas de este sistema

Tabla 152. Importancia Hidrogeológica del Sistema Acuífero Depósitos Fluviolacustres (Qfl).

Sistema Acuífero	Importancia Hidrogeológica	Ubicación-Extensión (km ²)
Depósitos Fluviolacustre (Qfl)	Muy pequeña	Se encuentra en la Subprovincia Planicie del Cesar, aflorando en un área de 460 Km ² aproximadamente, en una franja paralela al río Magdalena, que se extiende desde los límites del Departamento del Cesar en el sur, hasta alrededor de la ciénaga de Zapatosa en el norte.

Tabla 153. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Depósitos Fluviolacustres (Qfl).

Sistema Acuífero	Sector	Litología, Espesor, Resistividad (Ohm-m)
Depósitos Fluviolacustres (Qfl)	Subprovincia Planicie del Cesar	Litológicamente está constituida por sedimentos predominantemente limo arcillosos con lentes arenosos. Espesor promedio 15 metros; presentan resistividades promedios del orden de 5 ohm-m

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

Tabla 154 Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Depósitos Fluviolacustres (Qfl).

Sistema Acuífero	Sector	Tipo de Acuífero	Espesor (m)	NE (m)	Caudales : lps
Depósitos Fluviolacustres (Qfl)	Subprovincia Planicie del Cesar	Acuíferos locales de poca extensión, libres	15	2 a 3 m	0.5 lps (aljibes)

Tabla 155. Calidad y características físico química del Sistema Acuífero Depósitos Fluviolacustres (Qfl).

Sistema Acuífero	Sector	Tipo de Acuífero	Calidad y Características Físico Químicas
Depósitos Fluviolacustres (Qfl)	Subprovincia Planicie del Cesar	Acuíferos locales de poca extensión, libres	No reportada

Tabla 156. Tipo de Acuífero y Coeficiente de Almacenamiento del Sistema Acuífero Depósitos Fluviolacustres (Qfl).

Sistema Acuífero	Sector	Tipo de Acuífero	Conductividad Hidráulica (m/día)
Depósitos Fluviolacustres (Qfl)	Subprovincia Planicie del Cesar	Acuíferos locales de poca extensión, libres	Baja (asignada por su granulometría fina)



13. IMPACTOS AMBIENTALES

En el área del convenio 132-2003 se han reconocido y georreferenciado obras de saneamiento básico que debido a su ubicación desde el punto de vista hidrogeológico y de las actividades antrópicas inherentes a su manejo constituyen fuentes potenciales de contaminación a los suelos, y por ende una amenaza por degradación de la calidad y cantidad de las aguas subterráneas y superficiales; principalmente aquellas poblaciones consumidora de la misma.

La caracterización ambiental regional del área del convenio 132-2003 permite reconocer áreas potencialmente críticas de contaminación, donde en la mayoría de los casos son el resultado de obras de desarrollo urbano e infraestructuras de saneamiento ambiental cuyos criterios de diseño y construcción no involucran la protección del agua subterránea; también hay que tener en cuenta que sobre estas áreas sujetas potencialmente a contaminación de las aguas subterráneas se han sustentado el desarrollo socioeconómico de la región, tal como el desarrollo minero, industrial, agrícola, agropecuario y comercial de los municipios involucrados y su área de influencia rural.

En ese orden de ideas y durante todas las actividades de campo del convenio y especialmente durante la actualización del inventario de puntos de agua se pudo conocer la problemática ambiental de las aguas subterráneas; relacionada por las siguientes fuentes de contaminación puntual y / o difusa.

- ✓ Construcción de pozas sépticas o letrinas sobre el acuífero libre o a tabla de agua, muy cerca de aljibes que se ubican en la dirección del flujo de aguas subterráneas.
- ✓ Disposición de residuos líquidos de las letrinas o pozas sépticas, lagunas de tratamiento de los municipios, o de las industrias palmeras que operan en el área del convenio.
- ✓ Ubicación de sitios de disposición de residuos sólidos en acuíferos libres que son altamente vulnerables a la contaminación. Estos sitios conforman sitios de disposición de residuos sólidos a cielo abierto (conocidos como Botaderos), en donde debido al aporte de las aguas provenientes del ciclo hidrológico (precipitación, escorrentía superficial principalmente) se generan zonas encharcadas que forman un lixiviado que se convierte en una carga contaminante potencialmente infiltrante a la primera capa acuífera (tabla de agua o nivel freático) de los sistemas acuíferos de interés.
- ✓ Disposición de basuras de diferentes tipos y peligrosidad en el fondo de aljibes abandonados.
- ✓ Ubicación de lagunas de tratamiento de aguas residuales sobre sistemas acuíferos libres altamente vulnerables a la contaminación. El acceso a las lagunas de tratamiento en ocasiones muestra zonas encharcadas con aguas provenientes de las



APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

lagunas, quizás por rebose de las mismas o por infiltración de las tuberías de entrada o salida.

- ✓ Ubicación de cementerios que en el pasado donde se enterraron cadáveres cuya descomposición produce cadaverina y se desconoce si está se infiltro a la tabla de agua y ha migrado en la dirección del agua subterránea en el subsuelo.
- ✓ Construcción de pozos de mediana a gran profundidad sin las mínimas normas técnicas de construcción y operación que eviten que sus conos de bombeo se pongan en contacto hidráulico con focos de contaminación.
- ✓ Construcción de bombas de gasolinas que no cuentan con un sistema de monitoreo de las aguas subterráneas que fluyen en el subsuelo.

La georreferenciación de las fuentes potenciales de contaminación del área del convenio 132-2003 y su significado en el modelo hidrogeológico y ambiental; las califican como una amenaza a la calidad y cantidad de las aguas subterráneas de los sistemas acuíferos de interés socioeconómico de la región. Este primer paso constituye la pauta inicial para conocer los mecanismos de transporte y la caracterización de las cargas contaminantes que permitan evaluar el riesgo de contaminación de los sistemas acuíferos, en el marco del uso, manejo y aprovechamiento integral y ambiental de las aguas subterráneas en el departamento del Cesar.

13.1 Saneamiento In Situ

En el área del convenio 132-2003 existen 1118 captaciones pertenecientes a usuarios que demandan el agua subterránea para diferentes usos, que ven expuestas sus captaciones debido a la falta de instalaciones sanitarias construidas y operadas en forma óptima y eficiente. Incluye el sistema de alcantarillado cuya cobertura no cubre la totalidad de la cabecera y por ende las de las zonas rurales, por lo que sus habitantes han desarrollado mecanismos de eliminación in situ de compuestos orgánicos a través de letrinas y pozos sépticos. La gran mayoría de estos sistemas se han situado cerca de las captaciones del agua subterránea. Muchos de estos carecen de mantenimiento y tratamiento adecuado, por lo cual es posible que se produzca la infiltración de compuestos orgánicos, como el nitrógeno y microorganismos patógenos.

13.2 Disposición de Residuos Sólidos.

La cabecera municipal de Codazzi, Becerril, la jagua de Ibirico, Chiriguaná, Astrea, Chimichagua no cuentan con un relleno sanitario, que se halla localizado teniendo cuenta criterios hidrogeológicos, de tal manera que se minimice desde su ubicación, eventos potenciales de contaminación, como es la infiltración de los lixiviados generados. Hay que tener en cuenta sin embargo que si estos rellenos no cuentan con un buen sistema de recolección de lixiviados, la escorrentía superficial que se genera en el área contigua e interna al botadero puede transportar cargas o trazas de contaminantes que potencialmente

se pueden infiltrar a través de la zona no saturada, alcanzar posteriormente por infiltración la zona saturada y migrar o fluir a través de la porosidad intergranular de las capas de los sistemas acuíferos vulnerables que potencialmente son captados por los aljibes y o pozos inventariados, en dirección del flujo subterráneo gradiente abajo. Foto 64 a 71.



Foto 64. Botadero de basura a cielo abierto de Codazzi



Foto 65. Botadero de basura a cielo abierto de Becerril.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Foto 66 Botadero de basura a cielo abierto de Chiriguaná.



Foto 67. Botadero de basura a cielo abierto ubicado sobre el carretable que conduce al aljibe público de Chiriguaná.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Foto 68. Desechos orgánicos arrojados dentro del en el aljibe público de Chiriguaná.



Foto 69. Botadero de basura a cielo abierto de Chimichagua.



Foto 70. Botadero de basura a cielo abierto de La Jagua de Ibirico.



Foto 71. Charcos de lixiviados en el botadero de la Jagua de Ibirico.

13.3 Tratamiento de Aguas Residuales.

El tratamiento de aguas residuales de los municipios de Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguaná, Astrea, Chimichagua se lleva a cabo mediante la operación en serie de lagunas de oxidación que hacen la función de lagunas facultativas y de maduración, Foto 72 a 77.

El tratamiento biológico de las aguas requiere el empleo de microorganismos para la remoción de sólidos y bacterias presentes en el agua, lo cual hace que el sistema sea eficiente siempre y cuando se cuente con un plan operativo de mantenimiento constante. Principalmente este hecho se refiere a la recirculación de lodos, para evitar que el exceso de lodo que ya no funciona se deposite disminuyendo la capacidad de las lagunas, que en épocas de intenso invierno se desbordan pendiente abajo constituyéndose como un evento amenazante a los suelos y a las aguas subterráneas.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales fueron ubicados sobre sistemas acuíferos vulnerables a la contaminación, es decir capas acuíferas libres, las cuales requieren debido a la falta de un sistema de monitoreo a través de pozos de observación o piezómetros en que estado se encuentra la calidad de los flujos subsuperficiales que fluyen por debajo de ellos.

Se requiere entonces de análisis de las muestras de agua tanto afluentes como efluente de la planta, así como de las aguas subterráneas captadas por el sistema de monitoreo instalado que en la actualidad no existe en ninguna de ellas; con el fin de conocer la calidad del agua que ingresa y el porcentaje de eficiencia del sistema de tratamiento, en la cual se deben incluir parámetros tales como DBO, DQO, sólidos disueltos totales y en suspensión, coliformes fecales totales, nitrógeno amoniacal, nitratos, oxígeno disuelto, pH, temperatura, grasas y aceites, natas y carga de sólidos y lodos.

Es necesario tener en cuenta que el efluente que sale de la mayoría de las lagunas presenta coloración verdosa, que indica la presencia de algas y baja sedimentación en las mismas. Debido a que el vertimiento se realiza sobre los ríos o quebradas más próximos, se está generando una demanda adicional de oxígeno disuelto que disminuye la calidad del cuerpo de agua receptor, además de la presencia de sedimentos y sólidos disueltos.



Foto 72. Lagunas de Tratamientos de agua de Codazzi



Foto 73. Lagunas de Tratamientos de agua de Becerril.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Foto 74. Lagunas de Tratamientos de agua de Becerril, vertimiento final al río Maracas.



Foto 75. Lagunas de Tratamientos de agua de Chiriguana
Vertimiento final a la ciénaga circundante

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Foto. 76. Lagunas de oxidación del municipio de Chimichagua, vertimiento final a la Ciénaga de Zapatosa.



Foto 77. Vertimiento a los suelos por rebose de las aguas residuales de las lagunas de tratamiento de La Jaga de Ibirico.

Las lagunas de los municipios anteriores se encuentran localizadas fuera del perímetro urbano de la cabecera municipal, en su zona de influencia rural, lo cual disminuye la afectación a la población por contaminación por olores.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Codazzi, Becerril, La Jaga de Ibirico, Chiriguaná, Chimichagua, Astrea se encuentra localizada sobre una secuencia de gravas arenas, locamente en una matriz limo arenosa a arcillosa que conforman la zona superior de los Sistemas Acuífero de Origen Aluviales descritos anteriormente. Es importante recordar y

destacar que si las lagunas no fueron impermeabilizadas de forma natural o artificial, o si lo están en forma deficiente, pueden ocasionar localmente contaminación de las capas acuíferas superficiales; debido a la infiltración de contaminantes a través de la zona no saturada. Dichas cargas contaminantes pueden incluir compuestos orgánicos, nitrogenados y microorganismos patógenos, también pueden existir residuos peligrosos, provenientes de los vertimientos industriales.

Según la información disponible, la capacidad de diseño de algunas lagunas ya fue superada, esto indica que no se le está dando un tiempo de retención suficiente al agua residual para su tratamiento, debido al exceso de caudal. Con esto se puede afirmar que el efluente de la planta presenta contaminación (sólidos, algas y espumas) que influyen sobre la calidad del cuerpo de agua superficial receptor, o del sistema acuífero superficial si se infiltra.

13.4 Vertimientos Industriales y Gasolineras

Muchos aljibes se encuentran localizados en la zona urbana de la cabecera de los municipios Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguaná, Chimichagua, Astrea, y EL Paso; entre estos se encuentran aquellos que son utilizados por gasolineras, restaurantes u hoteles o residencias particulares o de carácter recreativas, las cuales utilizan el agua subterránea para uso doméstico, consumo humano, piscinas, lavado de autos y carrocerías. Es de conocimiento general que la mayoría de gasolineras cuentan con tanques enterrados de almacenamiento de hidrocarburos que cuando carecen de mantenimiento se convierten en potenciales agentes de contaminación a los suelos, zona no saturada y saturada por rupturas y fugas de compuestos de hidrocarburos volátiles y aromáticos (gasolinas), altamente cancerígenos, al igual que diesel. Otro tipo de actividades industriales pueden generar compuestos tóxicos, metales pesados y derivados de hidrocarburos, además de los solventes y lubricantes. La gran mayoría de estaciones de gasolinas que cuentan con tanques enterrados no cuentan con sistemas de monitoreo de las aguas subterráneas.

13.5 Actividad Minera.

Durante el desarrollo del trabajo de campo, fue posible llevar a cabo la identificación de las actividades relacionadas con la pequeña minería localizada sobre los Sistemas Acuíferos de Llanura Aluvial (Qlla), de Terraza Aluvial (Qt), de Cono Aluvial (Qcal), y la Formación Cuesta (Tmc); que constituyen prospectos de la pequeña y gran minería. Entre ellos se incluyen capas de gravas, arenas, limos y arcillas en canteras de pequeña a mediana magnitud. El material extraído es la materia prima para las actividades de construcción y adecuación de vías principalmente. En las zonas donde se explotan capas de arcilla se expone la primera capa acuífera de tipo semiconfinado o confinado exponiendo a la atmósfera la tabla de agua o nivel freático; la cual queda sujeta puntualmente a actividades que generan residuos contaminantes.

La actividad de la gran minería del carbón en el departamento del Cesar potencialmente genera impactos a la oferta y la demanda de las aguas subterráneas de los sistemas acuíferos que inevitablemente tienen que ser intervenidos por el descapote que se realiza

Es obvio o muy evidente que con la apertura de pits o excavaciones de explotación de mantos de carbón inicialmente se remueve la capa superficial de suelos si esta existe, seguidamente se interviene la zona no saturada, alcanzándose posteriormente la tabla de agua o nivel freático de las capas acuíferas mas superficiales. Localmente para llegar a los mantos de carbón se remueven capas de areniscas, conglomerados de naturaleza permeable o capas de arcillas o limos de naturaleza impermeables. Foto 78.



En la figura 149 muestra los actuales proyectos mineros que se desarrollan en el área del convenio 132-2003.



303

Las consideraciones hidrogeológicas y ambientales anteriores convocan a todos los sectores públicos y privados a generar una evaluación ambiental estratégica que permita ampliar y consolidar el conocimiento hidrogeológico en los diferentes sectores mineros, de tal manera que se integre el conocimiento hidrogeológico y ambiental de todo el sector minero y de esta forma generar una estrategia que permita consolidar y ampliar la red de monitoreo de las aguas subterráneas de los sistemas acuíferos que han sido intervenidos y que se intervendrán en el futuro. La red de aguas subterráneas permitirá generar avisos, alertas, pronósticos hidrológicos para el monitoreo de la oferta y la demanda, en cantidad y calidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

13.6 Practicas Agrícolas.

En el área rural de los municipios de municipios Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguaná, Chimichagua, Astrea, y EL Paso se llevan a cabo prácticas agrícolas, principalmente cultivos de arroz, de pan coger, algodón y palma africana La agricultura es una actividad económica que implica el empleo de fertilizantes, agroquímicos y pesticidas que tiene un alto contenido tóxico. Estos compuestos al disponerse sobre suelos de naturaleza infiltrante, generan compuestos tóxicos al agua superficial y subterránea.

La cultura de disponer los recipientes de agroquímicos en excavaciones a hueco abierto, en décadas pasadas y localmente en la actualidad, originan cargas contaminantes por que los residuos de los recipientes o empaques altamente tóxicos a la salud humana reaccionan con el agua que puede ser ingerida a través de fuentes receptoras como las aguas superficiales o subterráneas (aljibes o pozos ubicados en la dirección flujo abajo del agua subterránea, Foto 79 a 81.



Foto 79. Manejo de residuos de agroquímicos en la cabecera de las pistas de fumigación.



Foto 80. Recipientes de residuos de agroquímicos expuestos a la precipitación.



Foto 81. Excavaciones donde se disponen lixiviados de agroquímicos

13.7 Cuerpos de Agua Superficial.

Es importante tener en cuenta que el modelo de flujo de las aguas subterráneas para el acuífero a tabla de agua, freático o libre del sistema acuífero de llanura aluvial (Qlla) indica que el río Cesar se convierte en la zona de descarga del sistema de flujo a nivel semiregional a regional. Localmente y desde las zonas de recarga hacia las zonas de tránsito del sistema acuífero anterior, se identifican en superficie cauces de ríos secundarios y drenajes terciarios que espacialmente pueden ser afluentes o influyentes con respecto al modelo de flujo de las aguas subterráneas.

La ubicación de los vertimientos sólidos o líquidos y las cargas contaminantes que generan sobre el sistema de drenaje del río Cesar ocasiona una amenaza y riesgo potencial a las captaciones (aljibes, pozos) que captan sistemas acuíferos de interés hidrogeológico y ambiental en el área del convenio. 132-2003.

13.8 Prácticas Agropecuarias.

La mayoría de los aljibes que se ubican en la zona rural de los municipios de Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguana, Chimichagua, Astrea, y EL Paso, se encuentran cerca o dentro de establos que albergan ganado vacuno y equino, además de porquerizas; en las visitas de campo fue posible observar la presencia de residuos de animales (boñiga) cerca de estas captaciones en sus zonas de operación y protección. Esto indica que la fuente de abastecimiento puede estar contaminada con compuestos nitrogenados, nutrientes y microorganismos patógenos, tales como virus y bacterias, tal como se evidencio en los análisis bacteriológico realizados por Dasaluc. El desconocimiento de esta situación por parte de los propietarios y los habitantes de los predios rurales origina el consumo de aguas subterráneas de la primera capa acuífera de tipo libre, vulnerable a la contaminación. Foto 82.



Foto 82. Actividad ganadera cerca de la captación de agua subterránea

13.9 CEMENTERIOS

En la cabecera municipal de los municipios de Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguana, Chimichagua, Astrea, y EL Paso, se encuentran cementerios que fueron ubicados sobre sistemas acuíferos, vulnerables a la contaminación. Los sitios donde se

enterraron cadáveres puntualmente sobre o bajo la zona no saturada en décadas pasadas o en fosas comunes (NN) ; pueden estar sujetas a contaminación puntual por la presencia de cadaverina en las aguas subsuperficiales que no están siendo monitoreadas en la actualidad, porque ninguno de los cementerios cuentan con este tipo de monitoreo, Foto 83 a 87.

➤ **Codazzi**



Foto 83. Cementerio de Codazzi.

➤ **Chiriguaná.**



Foto 84. Cementerio de Chiriguaná.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

➤ **Astrea**



Foto 85. Cementerio a la salida de Astrea, vía que conduce a Arjona.

➤ **El Paso.**



Foto 86. Cementerio de la Loma de Calenturitas (Municipio de EL Paso)

➤ La Jagua de Ibirico



Foto 87 Cementerio de La Jagua de Ibirico.

13.9 Zona de Protección de las Captaciones de Agua Subterránea.

La zona operacional de captaciones de agua es el perímetro de protección más interior del pozo u aljibe, en la cual se deben realizar únicamente actividades relacionadas con la explotación del mismo. Gran parte de las captaciones de agua que fueron inventariadas durante las campañas de campo, no presentan una zona operacional de la captación óptima, que garantice que los sistemas de bombeo no generen residuos de combustibles (gasolina, acum.) o aceitosos que pueden ingresar de forma directa o indirecta a las aguas subterráneas. Es frecuente encontrar aljibes y pozos sin protección, entre estos se incluyen tapas y cercas perimetrales, que facilitan el ingreso de animales que dejan sus residuos orgánicos muy cerca de la boca de la captación, o de contaminantes tales como plaguicidas que son almacenados junto a los sistemas de bombeo o en la boca de las captaciones, foto 88 y 89.



Foto 88. Zona operacional inapropiada de pozo profundo bomba de eje vertical con residuos aceitosos y combustibles.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Foto 89. Zona operacional inapropiada de aljibe destapado, equipo de bombeo con residuos aceitosos y combustibles



14. RED DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRANEAS

La red de monitoreo de los Sistemas Acuíferos que se extienden subsuperficialmente y en el subsuelo del área del convenio 132-2003 tiene como objeto la construcción de pozos de poca, mediana a gran profundidad, lo que permitirá conocer el comportamiento espacial y temporal de indicadores o parámetros de la cantidad y calidad de las aguas subterráneas.

El diseño, construcción y operación de la red de monitoreo se basó en el conocimiento del modelo hidrogeológico del área de estudio; específicamente en los siguientes aspectos:

- ✓ El modelo geológico y geofísico de los sistemas acuíferos.
- ✓ Actualización del inventario de las captaciones pozos, aljibes y manantiales que captan aguas subterráneas para consumo humano.
- ✓ Georreferenciación de fuentes potenciales de contaminación (pozas sépticas, letrinas, botaderos a cielo abierto, lagunas de tratamiento de aguas residuales, cementerios, mataderos, y aperturas de excavaciones de pequeña a gran minería.
- ✓ Modelo de flujo de las aguas subterráneas de sistemas acuíferos de interés hidrogeológico y ambiental en sus zonas de recarga, tránsito y descarga.
- ✓ Selección de sitios para la construcción de pozos de observación o piezómetros de poca, mediana a gran profundidad, que permitan monitorear capas acuíferas someras a profundas de los sistemas acuíferos captados.
- ✓ Caracterización físico química y bacteriológica de las captaciones (pozos, aljibes) que captan los sistemas acuíferos evaluados.

Los objetivos del monitoreo de la oferta y la demanda de los sistemas acuíferos son los siguientes.

- ✓ Evaluación periódica de la oferta; específicamente la recarga o infiltración potencial a los acuíferos proveniente de la precipitación y la estimación de los recursos y reservas de agua subterránea
- ✓ Evaluación periódica de la demanda del agua subterránea mediante la actualización del inventario de puntos de agua y la legalización de concesiones de agua requeridas por los usuarios.
- ✓ Estimación de parámetros hidráulicos de los acuíferos tales como gradientes hidráulicos, velocidades de darcy y real, conductividades hidráulicas, coeficientes de almacenamientos, espesores, etc; que permitan a mediano y largo plazo implementar modelos matemáticos de flujo de agua subterránea y transporte de contaminantes.

- ✓ Identificar y evaluar la vulnerabilidad y el riesgo de fuentes de contaminación a las aguas subterráneas.
- ✓ Estimar el índice de escasez de aguas subterráneas para los sistemas acuíferos

14.1. Pozos de Observación o piezómetros construidos.

El modelo hidrogeológico conceptual del área del convenio 132-2003, permitió generar una estrategia que dio inicio a la construcción de la red de monitoreo de las aguas subterráneas; seleccionándose sitios que monitorearan en una primera fase la primera capa acuífera de los sistemas acuíferos que son captados por pozos que abastecen a la cabecera de los municipios, o a pozos que están bajo la influencia de conos de bombeo que se interconectarán espacial o temporalmente o cerca de fuentes de contaminación puntual o difusa

En la figura 150 se observa la localización de siete piezómetros, que constituyen el inicio de la red de monitoreo de aguas subterránea Corpocesar e Ideam.

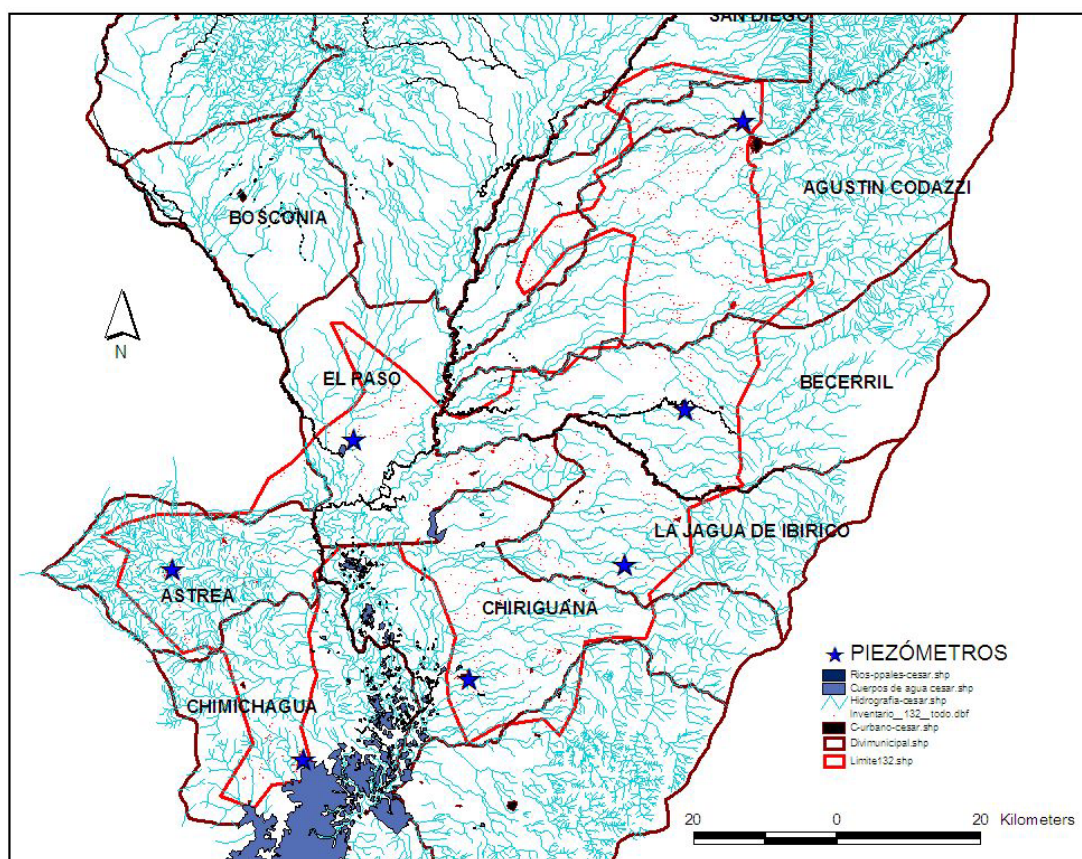


Figura 150. Localización de siete piezómetros de la red de monitoreo de aguas subterránea Corpocesar e Ideam.

En la figura 151 Y 152, se presenta el inventario de puntos de agua actualizado durante la realización del convenio 132-2003 Corpocesar IDEAM; se observa que los pozos de observación construidos en la cabecera de los municipios de Agustín Codazzi, Becerril, Corregimiento de los Palmitos del municipio de la Jagua de Ibirico, Chiriguana, EL Paso, Astrea y Chimichagua, están circundados por captaciones (pozos, aljibes o manantiales) con respecto al modelo de flujo de la primera capa acuífera captada de los sistemas acuíferos Llanura Aluvial (Qlla), Fluvio lacustres (Qfl) y Sedimentitas de Arjona (Tpaa).

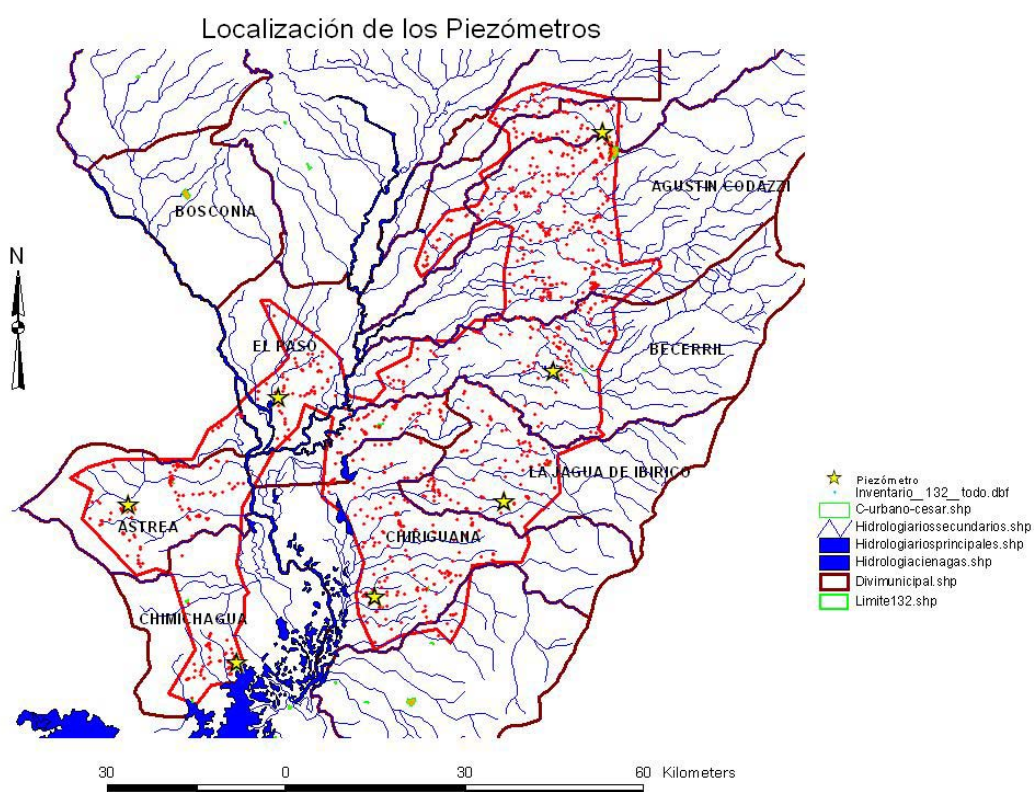


Figura 151. Localización de siete piezómetros en relación al inventario de puntos de agua actualizado durante el convenio 132-2003 Corpocesar-IDEAM.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



15

Figura 152. Piezómetros construidos en los municipios de Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, El Paso, Chiriguaná, Chimichagua, y Astrea durante el convenio 132-2003 Corpocesar-IDEAM.

A continuación se presentan las características de los pozos de observación construidos:

✓ **Municipio de Agustín Codazzi,**

Localización; Hacienda Suárez, nw de la cabecera municipal de Agustín Codazzi.

Acuífero Monitoreado: Depósito de Llanura Aluvial (Qlla).

Caudal = 1 Ips

Profundidad = 30 metros.

Conductividad: 465 Us/cms

pH=7.8



✓ **Municipio de Becerril,**

Localización Finca Campo Alegre.

Acuífero Captado: Formación Luna (Ksl).

Caudal = Profundidad = 15 metros.

Conductividad= 650 Us/ cms pH= 8

✓ **Municipio La Jagua de Ibirico**

Localización; planta del acueducto Corregimiento de La Palmita,

Acuífero Monitoreado: Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla).

Caudal 3.5 lps Profundidad = 30 metros.

Conductividad 0 76 Us/ cms pH= 6.72

✓ **Municipio de Chiriguaná**

Localización; Planta del acueducto local.

Acuífero monitoreado: Depósito de Llanura Aluvial (Qlla).

Caudal = 1.79 lps Profundidad = 15 metros

Conductividad= 95 US/cms Ph= 6.8

✓ **Municipio de El Paso**

Localización; Planta de acueducto local.

Acuífero monitoreado: Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla).

Caudal = 1.4 lps Profundidad = 36 metros

Conductividad = 558.4 USS/cms pH= 7.65

✓ **Municipio de Astrea**

Localización; contiguo a uno de los pozos del acueducto local.

Acuífero Monitoreado: Formación Sedimentitas de Arjona (Tpaa)

Caudal = 1.16 lps Profundidad = 15 metros

Conductividad: 426 US/ cms Ph = 7.3

Municipio de Chimichagua,

Localización; Colegio Cerveleon Padilla.

Acuífero Monitoreado: Depósito de Llanura Aluvial (Qlla).

Caudal = 2.11 lps Profundidad = 27 metros,

Conductividad. 115.2 USS/cms Ph= 6.8

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

14.1.1. Pozo de Observación Municipio de Agustín Codazzi.

En la figura 153 se observa el diseño del piezómetro o pozo de monitoreo que se basó en el análisis del registro litológico, los registros físicos. En la foto 90 se observa el completamiento del piezómetro para efectos de su localización y la seguridad del mismo.

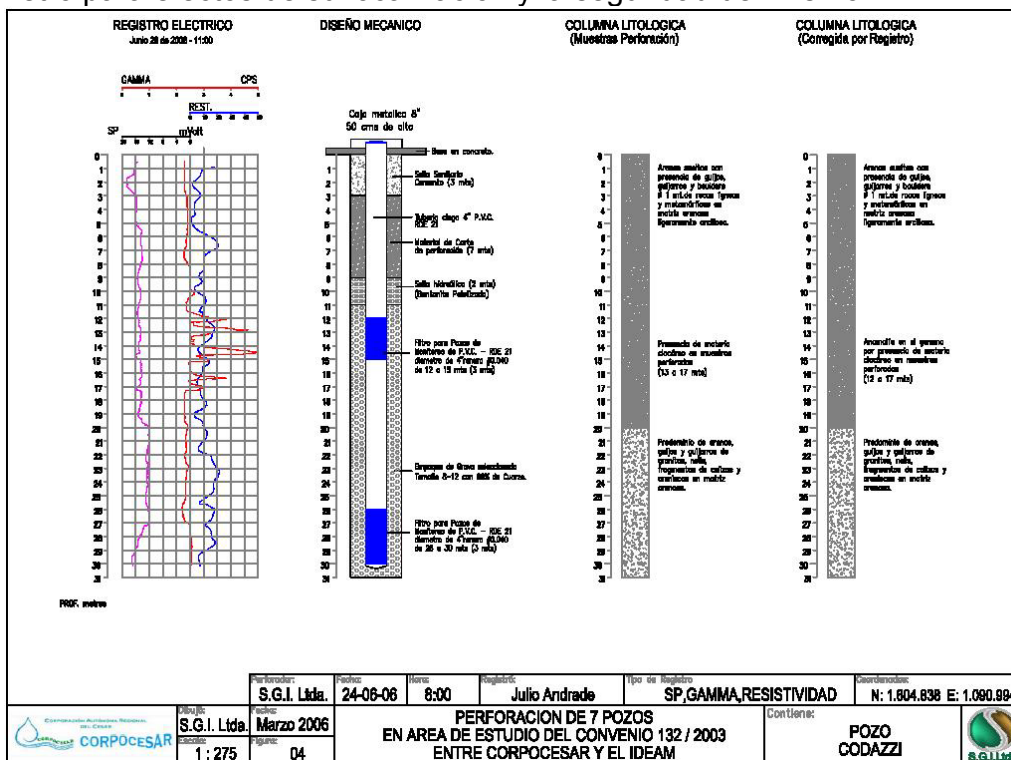


Figura 153. Diseño del pozo de observación Municipio Agustín Codazzi.



Foto 90. Pozo de Observación del Municipio de Agustín Codazzi.

14.1.2. Pozo de Observación Municipio de Becerril.

En la figura 154 se observa el diseño del piezómetro que se basó en el análisis del registro litológico, los registros físicos. En la foto 91 se observa el completamiento del piezómetro para efectos de su localización y su la seguridad del mismo.

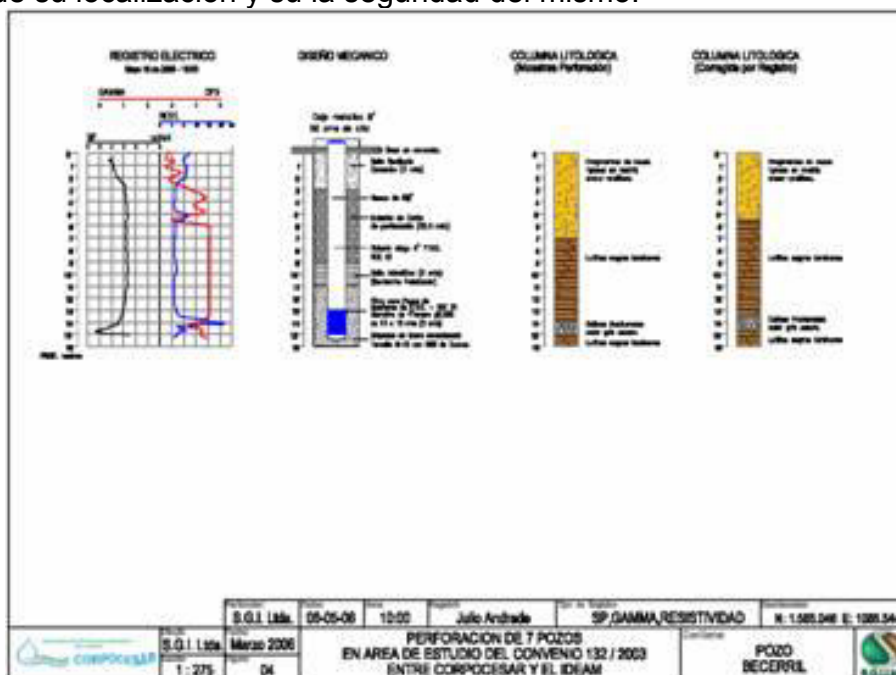


Figura 154. Diseño del pozo de observación Municipio Becerril



Foto 91. Pozo de Observación del Municipio de Becerril

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

14.1.3. Pozo de Observación Municipio de El Paso

En la figura 155 se observa el diseño del piezómetro que se basó en el análisis del registro litológico, los registros físicos. En la foto 92 se observa el completamiento del piezómetro para efectos de su localización y su la seguridad del mismo.

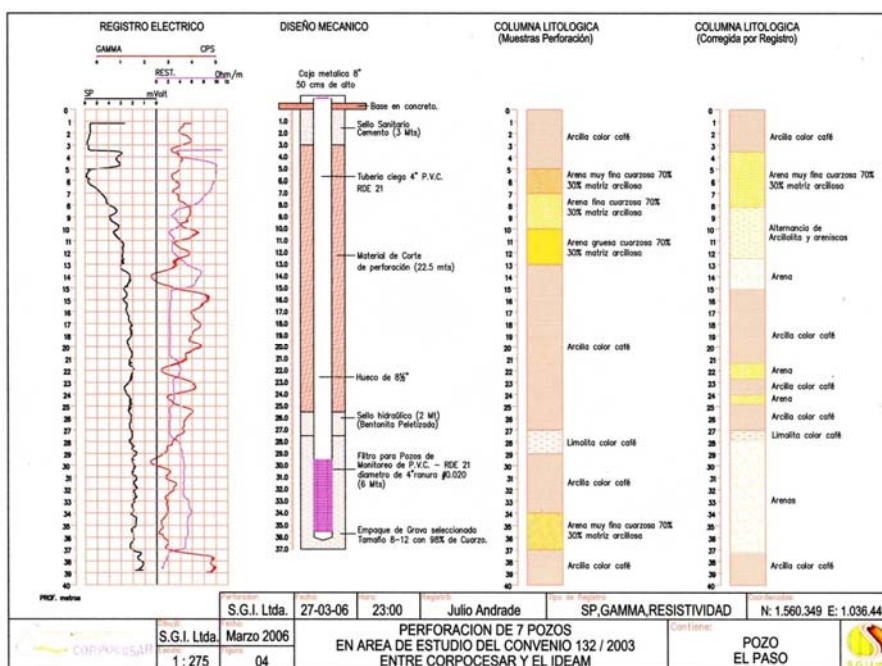


Figura 155. Diseño del pozo de observación Municipio de EL Paso



Foto 92. Pozo de Observación Municipio EL Paso.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

14.1.4. Pozo de Observación Municipio de Chiriguaná.

En la figura 156 se observa el diseño del piezómetro que se baso en el análisis del registro litológico, los registros físicos. En la foto 93 se observa el completamiento del piezómetro para efectos de su localización y su la seguridad del mismo.

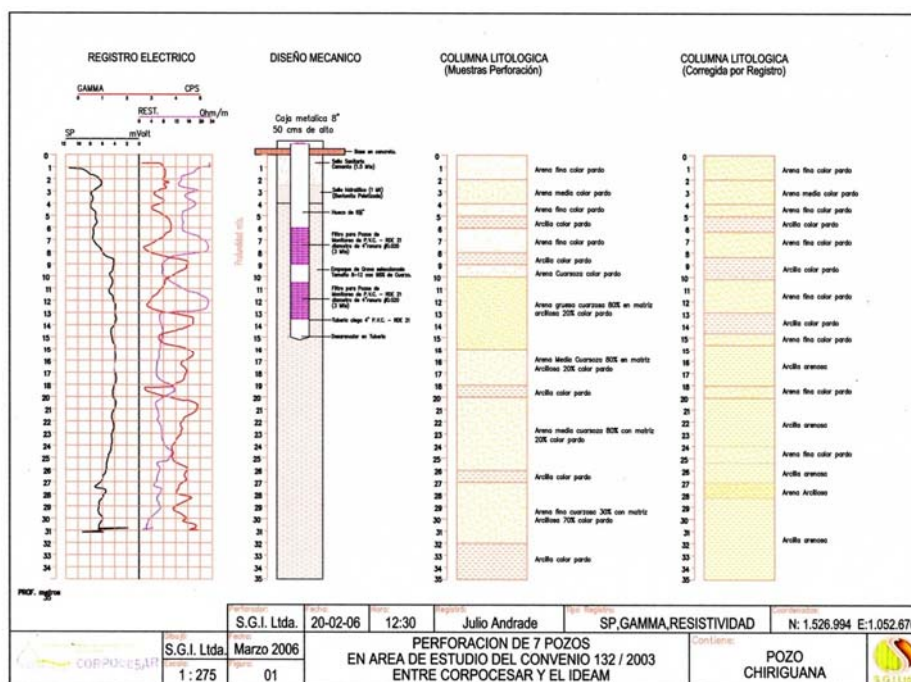


Figura 156. Diseño del pozo de observación Municipio de Chiriguaná.



Foto 93. Pozo de Observación Municipio de Chiriguaná.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

14.1.5. Pozo de Observación Municipio de Chimichagua

En la figura 157 se observa el diseño del piezómetro que se basó en el análisis del registro litológico, los registros físicos. En la foto 94 se observa el completamiento del piezómetro para efectos de su localización y su la seguridad del mismo.

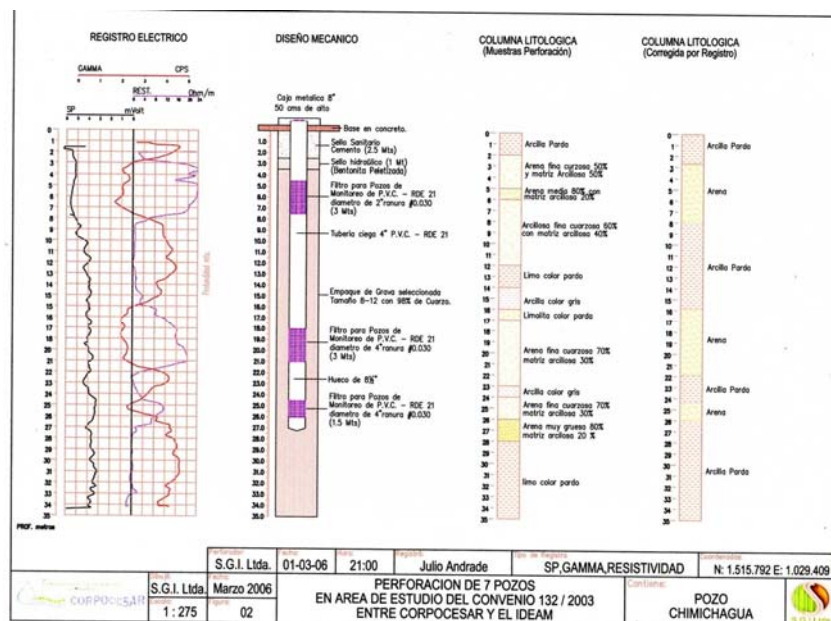


Figura 157. Diseño del pozo de observación Municipio de Chimichagua



Foto 94. Pozo de Observación Municipio de Chimichagua

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

14.1.6. Pozo de Observación Municipio de Astrea

En la figura 158 se observa el diseño del piezómetro que se basó en el análisis del registro litológico, los registros físicos. En la foto 95 se observa el completamiento del piezómetro para efectos de su localización y su la seguridad del mismo.

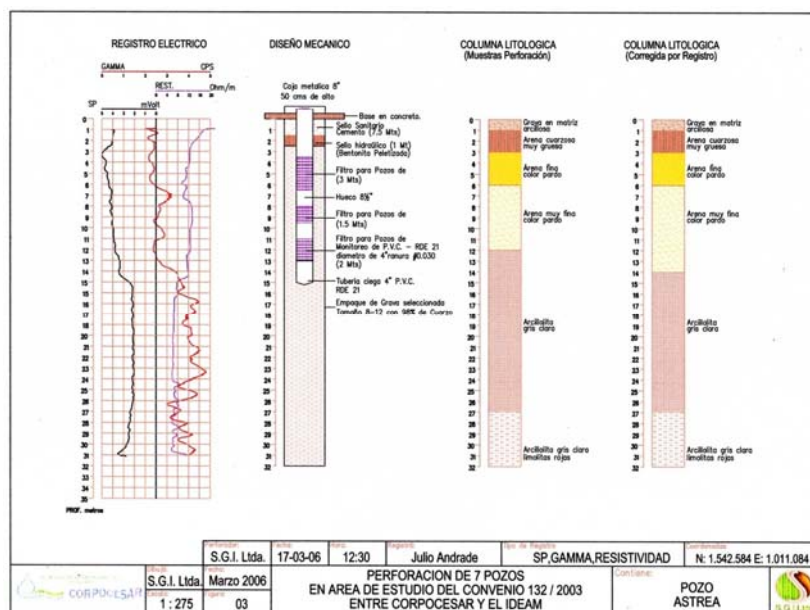


Figura 158. Diseño del pozo de observación Municipio de Astrea



Foto 95. Pozo de Observación Municipio de Astrea

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

14.1.7. Pozo de Observación Municipio de La Jagua de Ibirico.

En la figura 159 se observa el diseño del piezómetro que se basó en el análisis del registro litológico, los registros físicos. En la foto 96 se observa el completamiento del piezómetro para efectos de su localización y su la seguridad del mismo.

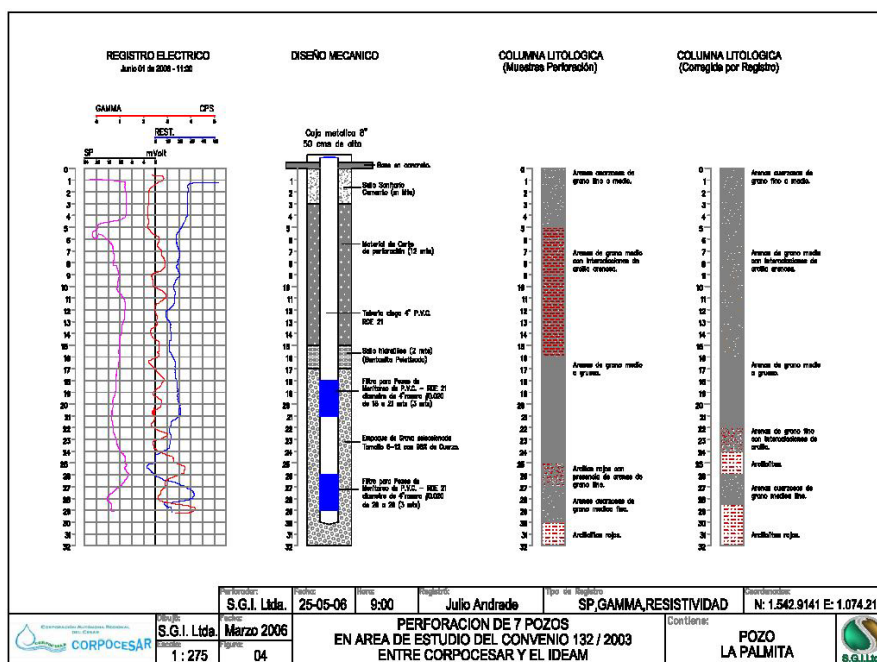


Figura 159. Diseño del pozo de observación del Corregimiento Las Palmitas, Municipio de la Jagua de Ibirico.



Foto 96. Pozo de Observación Corregimiento Las Palmitas Municipio de La Jagua de Ibirico

14.2 Programa de Monitoreo de la calidad y cantidad

En la actualidad se toman los primeros datos de niveles y calidad del agua subterráneas de los pozos de monitoreo o piezómetros construidos. Los datos generados permiten conocer datos puntuales e instantáneos a través de sondas convencionales de medición de niveles y perfiles de conductividad del agua con la profundidad. En igual forma se han seleccionado pozos y aljibes que desde el punto de vista logístico y de generación de conocimiento hidrogeológico y ambiental aporten conocimiento al estado, la dinámica de la oferta y la demanda de las aguas subterráneas de los sistemas acuíferos monitoreados, fotos.

Es importante destacar que Corpocesar adelanta procesos de adquisición de sensores automáticos de medición de niveles estáticos y algunos parámetros físicos del agua como la conductividad conocidos en la industria como DUOLIN lo que permitirá obtener la series históricas de datos y de esta manera conocer la variabilidad espacial y temporal de la oferta (recarga potencial a la primera capa acuíferas).

En igual forma Corpocesar adelanta procesos de adquisición de una bomba peristáltica para el muestreo de las aguas de los pozos de observación construidos, pozos que se adecuen como piezómetros y aljibes cuyas características de construcción permitan también conocer la variabilidad espacial y temporal en la calidad o características físico químicas de las aguas subterráneas.



Fotos 97. Diseño final en la cabeza de los piezómetros con sus ademes y capsula metálica para protección de los sensores que se instalaran en los mismos.

A continuación se presentan mediante un registro fotográfico las actividades iniciales de monitoreo de niveles y parámetros físico químicos del agua subterránea en cada uno de los piezómetros construidos, lo que permitió definir el diseño de los sensores a adquirir para el programa de monitoreo a seguir.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



a



b



c.

Foto 98. Monitoreo de un pozo de abastecimiento de agua para riego de la Hacienda Suárez, próximo al pozo de monitoreo de Codazzi.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECTORREGIONES DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR



Foto 99. Monitoreo de niveles con sondas convencionales en el piezómetro de Astrea



Foto 100. Muestreo de las aguas del piezómetro de Astrea con una bomba peristáltica.



Foto 101. Muestreo de las aguas del piezómetro de Astrea con una bomba peristáltica.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Foto 102. Calibración de una sonda de presión para registrar los niveles estáticos en el piezómetro de Becerril



Foto 103. Instalación preliminar de una sonda de presión para registrar las variaciones en magnitud de los niveles estáticos en el piezómetro de Becerril



Foto 104. Monitoreo de niveles con sondas convencionales en el piezómetro de Becerril

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



Foto 105. Monitoreo de niveles con sondas convencionales en el piezómetro de Chimichagua.



Foto 106. Monitoreo de niveles en el aljibe publico de Chimichagua



Foto 107. Monitoreo de parámetros físico químicos en el aljibe publico de Chimichagua

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECTORREIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



a



b

Fotos 108, a y b Monitoreo con sonda convencional en el piezómetro de Chiriguaná.



Foto 109. Monitoreo de un pozo de abastecimiento de agua potable del acueducto de Chiriguaná, cercano al piezómetro de Chiriguaná.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR



Foto 110. Monitoreo del aljibe publico del acueducto de Chiriguaná.



a.



b.

Foto 111. Monitoreo con sonda convencional en el piezómetro de El Paso.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



a



b.



c

Foto 112, a, b y c. Calibración preliminar de una sonda de presión para el monitoreo continuo de los niveles estáticos en el piezómetro del Corregimiento de Las Palmitas, Municipio de La Jagua de Ibirico.



15. ESTRATEGIAS PARA LA PROTECCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La Protección del Agua Subterránea es una actividad que tiene que ser promovida por los entes reguladores del agua o del ambiente (o aquellas agencias, departamentos u oficinas de gobierno nacional, regional o locales, encargados de realizar esta función); la protección de este recurso en los municipios de Agustín Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguaná, EL Paso, Astrea y Chimichagua es competencia de la Corporación Autónoma Regional del Cesar y las Oficinas de Planeación Departamental de la Gobernación del Cesar y Planeación Municipal de los municipios anteriores.

Algunas de las Estrategias de Aprovechamiento y Protección Integral de las Aguas Subterráneas que deben promover integralmente Corpocesar como entidad que planifica y ejecuta la gestión del uso, manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en el departamento del Cesar y las Empresas Municipales de Servicios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de los municipios, al igual que Dasalud departamental son las siguientes;

- ✓ Actualización periódica del inventario de captaciones de agua subterránea que permita conocer la demanda de las comunidades asentadas en los municipios anteriores; reducir progresivamente la ilegalidad en la construcción de pozos y aljibes y generar una cultura hacia los usuarios de los recursos hídricos subterráneos de obtener y tramitar los permisos de exploración y explotación del agua subterránea ante Corpocesar.
- ✓ Restringir las prácticas actuales y futuras del uso del territorio (suelo) de actividades como la descarga de efluentes y vertido de residuos domésticos que posteriormente migraran al subsuelo a través de la zona saturada. En igual forma minimizar o reducir los efectos de la contaminación producida por la ubicación y manejo inapropiado de los botaderos o mal llamados rellenos sanitarios, lagunas de tratamiento de agua municipales e industriales , pozas sépticas o letrinas, cementerios, estaciones de gasolinas y cambiaderos de aceite, etc; los cuales no deben interceptar las trayectorias de flujo de las aguas subsuperficiales hacia la captación (pozo o aljibe), evitando en primera instancia la contaminación de la primera capa de los sistemas acuíferos.
- ✓ Proteger las zonas de recarga, transito y descarga de los sistemas acuíferos de gran importancia hidrogeológica como es el Sistema Acuífero Llanura Aluvial (Qlla), Conos Aluviales (Qca), las Formaciones Sedimentitas de Arjona (Tpaa), Formación Cuesta (Tmc), el Grupo Cogollo (Kmc), La Formación, de tal manera
- ✓ Establecer campañas de difusión sobre la necesidad de construir obras de protección para evitar la contaminación directa del agua para consumo humano en aljibes, pozos y manantiales, en igual forma la escogencia técnica del sitio de construcción de pozas sépticos



APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

- ✓ Establecer un control estricto sobre el uso, manejo y disposición de fertilizantes y pesticidas en actividades agrícolas desarrolladas en las zonas de recarga de los sistemas acuíferos.
- ✓ Realizar inspecciones sanitarias periódicas en fuentes de abastecimientos domésticas que utilicen aljibes equipados con bombas manuales, a combustible o eléctricas.
- ✓ Prevenir la contaminación futura de los acuíferos, mediante la prohibición del desarrollo de actividades potencialmente contaminantes en áreas cercanas a las zonas de recarga anteriormente mencionadas y de alta vulnerabilidad a la contaminación como la cabecera municipal donde se construyen captaciones sin tener en cuenta la vulnerabilidad del acuífero.
- ✓ Definición de los perímetros de protección de los pozos que garanticen el desarrollo de actividades socioeconómicas de la población.
- ✓ Los pozos o aljibes abandonados deben ser sellados completamente con tapas de concreto; para evitar que sean utilizados como botaderos de basuras; Clandestinamente se utilizan también para la disposición de efluentes domésticos e industriales en zonas sin alcantarillado. Esta práctica ha sido causa de serios y costosos problemas de contaminación de aguas subterráneas y pozos, desde microorganismos patógenos hasta químicos tóxicos que llegan rápidamente a los acuíferos con pocas posibilidades de atenuación y menos de eliminación.
- ✓ Prevenir la ingestión de aguas subterráneas contaminadas con bacterias, virus y parásitos patógenos, los cuales se identificaron coliformes totales y fecales en los análisis bacteriológicos de la gran mayoría de los muestreados. Estos organismos patógenos ingresan a los acuíferos someros desde tanques sépticos, letrinas, drenajes, o cursos superficiales con aguas contaminadas, etc. Los pozos inadecuadamente contruidos son particularmente propensos a este tipo de contaminación. Sin embargo, en casi todas las formaciones excepto en las más vulnerables, la capacidad de atenuación natural de la zona no saturada o las capas semiconfinantes confieren una protección al acuífero.
- ✓ El Instituto de Hidrología Meteorología y estudios Ambientales IDEAM, la Corporación Autónoma Regional de Cesar deben fortalecer la ampliación de la Red de la Red de Monitoreo del Agua Subterránea para las unidades acuíferas Sistema Acuífero Llanura Aluvial (Qlla), Conos Aluviales (Qca), las Formaciones Sedimentitas de Arjona (Tpaa), Formación Cuesta (Tmc), el Grupo Cogollo (Kmc), La Formación, Aluviones Recientes, mediante la construcción de piezómetros o pozos de observación, a partir de los cuales se observara el comportamiento de los niveles y la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea espacial y temporalmente de tal manera que se genere información oportuna a nivel de avisos, alertas, boletines y pronósticos sobre los recursos hídricos subterráneos y superficiales.



**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

- ✓ Regular la construcción de pozos de mediana a gran profundidad por parte de compañías perforadoras de pozos de agua con equipos adecuados pero que ignoran la legalidad de sus actividad, así como constructores que operan equipos de perforación artesanales, sin conocimientos técnicos; convirtiéndose en muchos casos en contaminadores por los diseños de los pozos que mezclan aguas de diferentes salinidades.



16. BASE DE DATOS HIDROGEOLOGICA

El desarrollo del convenio 132-2003 IDEAM-CORPOCESAR se inició la construcción de la base de datos hidrogeológica del área de estudio; para tal fin se realizaron las siguientes actividades:

Revisión de los formatos de captura de datos hidrogeológicos que han sido construidos y su utilización ha sido efectiva en proyectos de exploración y evaluación del agua subterráneas. Los formatos de captura consultados y evaluados se encuentran los de INGEOMINAS, IDEAM, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, y Corporación Autónoma Regional del Cesar Corpocesar; esto se realizó con el fin de contar y unificar un formato de captura de información hidrogeológica cuyo uso fuera ágil y que involucrara todas las variables del estado, la ocurrencia, dinámica en cantidad y calidad de las aguas subterráneas.

La actualización del inventario de puntos de agua permitió consolidar la información los datos del banco de datos de los puntos de agua del convenio 132/2003 mediante el formato único adoptado para tal fin; que incluyó los siguientes campos ; Datos Generales del punto de agua, Nombre del Propietario y localización del punto de agua, Coordenadas del punto de agua, Geología y Geomorfología, Construcción y Diseño, Explotación y construcción adicionales, Uso del agua, Niveles, caudales y propiedades físicas del agua en campo.

A continuación se presentan una breve descripción de cada campo que incluye una figura con la organización de los campos.

16.1. Datos generales del punto de agua.

Para la recopilación de esta información se hizo necesario colocar un número de identificación del punto de agua que corresponde al número de identificación de la plancha del IGAC utilizada a escala 1:25000 seguido de un orden (número consecutivo) en la medida que se ejecuta el inventario, figura 160.

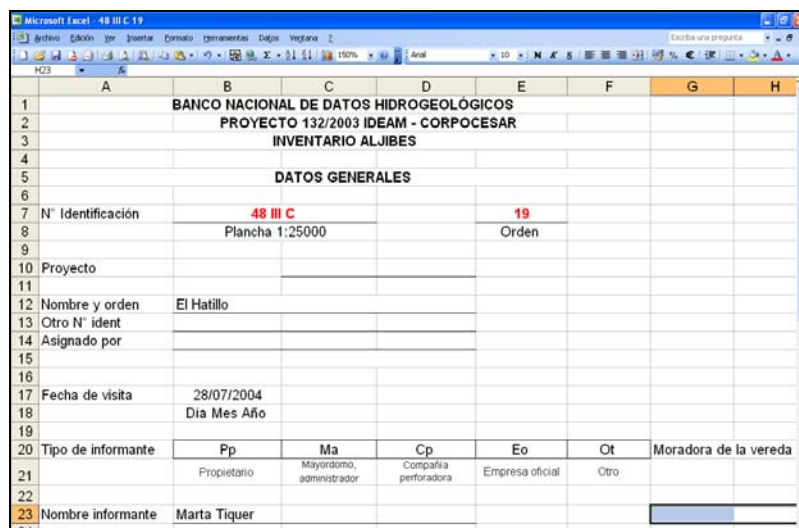
En algunas oportunidades existen signos, placas o números que identifican que el punto de agua ha sido inventariado en otras oportunidades, se anotará el identificador previamente utilizado.

Incluye también el nombre del predio que pueden ser fincas haciendas, condominios, fábricas, industrias, hoteles etc; en igual forma la fecha de visita en que se realizó el inventario por primera vez o la fecha para un punto de la red de monitoreo,

El nombre de la persona que atendió la visita, que puede ser el mayordomo o administrador, el dueño del predio, o representante o dueño de una empresa, etc; cuya finalidad es que en ese momento identifique el predio.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

Si circunstancialmente no existe ninguna persona, pero si un vecino del predio se anotará su nombre y los datos que reporte, realizando las aclaraciones pertinentes.



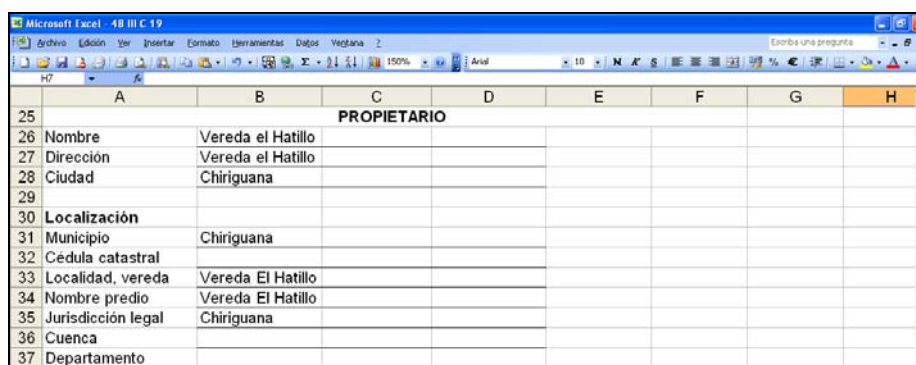
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	BANCO NACIONAL DE DATOS HIDROGEOLOGICOS							
2	PROYECTO 132/2003 IDEAM - CORPOCESAR							
3	INVENTARIO ALJIBES							
4								
5	DATOS GENERALES							
6								
7	N° Identificación	48 III C		19				
8		Plancha 1:25000		Orden				
9								
10	Proyecto							
11								
12	Nombre y orden	El Hatillo						
13	Otro N° ident							
14	Asignado por							
15								
16								
17	Fecha de visita	28/07/2004						
18		Dia Mes Año						
19								
20	Tipo de informante	Pp	Ma	Cp	Eo	Ot	Moradora de la vereda	
21		Propietario	Mayordomo, administrador	Compañía perforadora	Empresa oficial	Otro		
22								
23	Nombre informante	Marta Tiquer						
24								

Figura 160. Sección del formato-Datos Generales

16.2 Nombre del propietario y Localización

En este campo se requiere información adicional del punto de agua en relación a la localización de su propietario, su dirección, la ciudad o lugar donde reside, figura 161.

En igual la localización del punto de agua como tal; se incluye entonces el municipio, la cedula catastral del predio, la localidad o vereda, el nombre del predio, su jurisdicción legal, la cuenca hidrológica donde se realiza el inventario, el departamento.

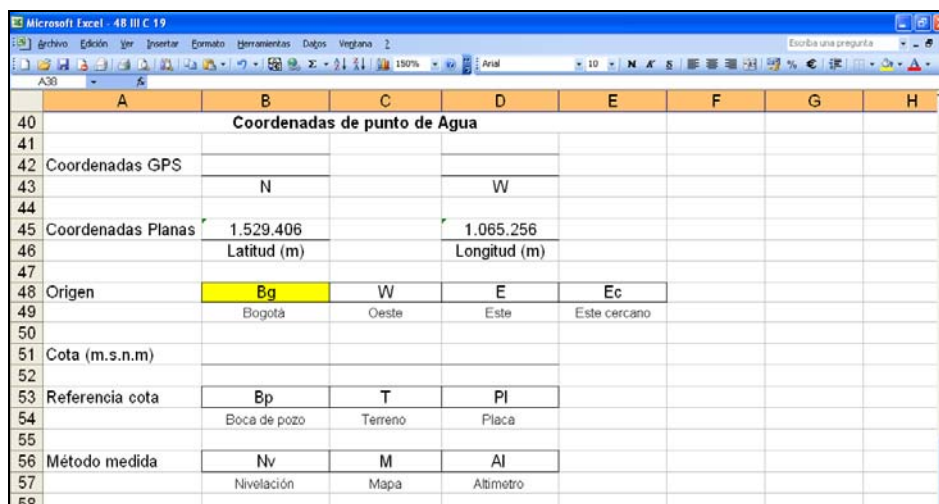


	A	B	C	D	E	F	G	H
25	PROPIETARIO							
26	Nombre	Vereda el Hatillo						
27	Dirección	Vereda el Hatillo						
28	Ciudad	Chiriguana						
29								
30	Localización							
31	Municipio	Chiriguana						
32	Cédula catastral	Vereda El Hatillo						
33	Localidad, vereda	Vereda El Hatillo						
34	Nombre predio	Vereda El Hatillo						
35	Jurisdicción legal	Chiriguana						
36	Cuenca							
37	Departamento							

Figura 161 Sección del formato-Datos del Propietario y localización del punto del agua.

16.3 Coordenadas de punto de agua

En esta sección se registran las coordenadas del punto de agua planas o geográficas, su origen (Bogotá, este, oeste, este cercano), además del método de referenciar utilizado, la cota, referencia de la cota (boca del pozo, terreno, placa) y por último el método de medida, (nivelación, altímetro, mapa, gps) tal como se presenta en la figura 162.

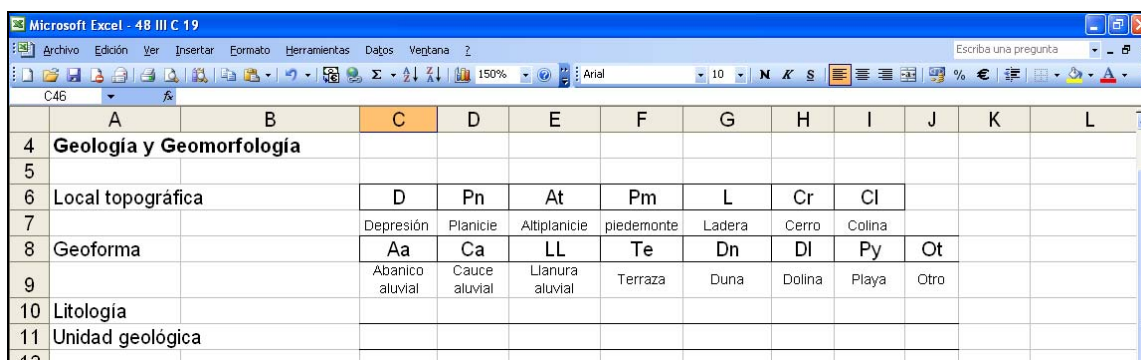


	A	B	C	D	E	F	G	H
40	Coordenadas de punto de agua							
41								
42	Coordenadas GPS							
43		N		W				
44								
45	Coordenadas Planas	1.529.406		1.065.256				
46		Latitud (m)		Longitud (m)				
47								
48	Origen	Bg	W	E	Ec			
49		Bogotá	Oeste	Este	Este cercano			
50								
51	Cota (m.s.n.m)							
52								
53	Referencia cota	Bp	T	Pl				
54		Boca de pozo	Terreno	Placa				
55								
56	Método medida	Nv	M	Al				
57		Nivelación	Mapa	Altímetro				
58								

Figura 162. Sección del formato-Coordenadas del punto de agua.

16.4 Geología y Geomorfología

En las características de geología y geomorfología se debe observar en el campo la localización topográfica (depresión, planicie, altiplanicie, piedemonte, ladera, cerro, colina) la geoforma asociada (abanico aluvial, cauce abandonado, cauce aluvial, llanura aluvial, terraza, dunas, dolinas o playa u otra); una descripción de las características litológicas de la unidad geológica donde se ubica el punto de captación, tal como se presenta en la figura 163.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4	Geología y Geomorfología											
5												
6	Local topográfica		D	Pn	At	Pm	L	Cr	Cl			
7			Depresión	Planicie	Altiplanicie	piedemonte	Ladera	Cerro	Colina			
8	Geoforma		Aa	Ca	LL	Te	Dn	DI	Py	Ot		
9			Abanico aluvial	Cauce aluvial	Llanura aluvial	Terraza	Duna	Dolina	Playa	Otro		
10	Litología											
11	Unidad geológica											
12												

Figura 163-Sección del formato; Geología y geomorfología

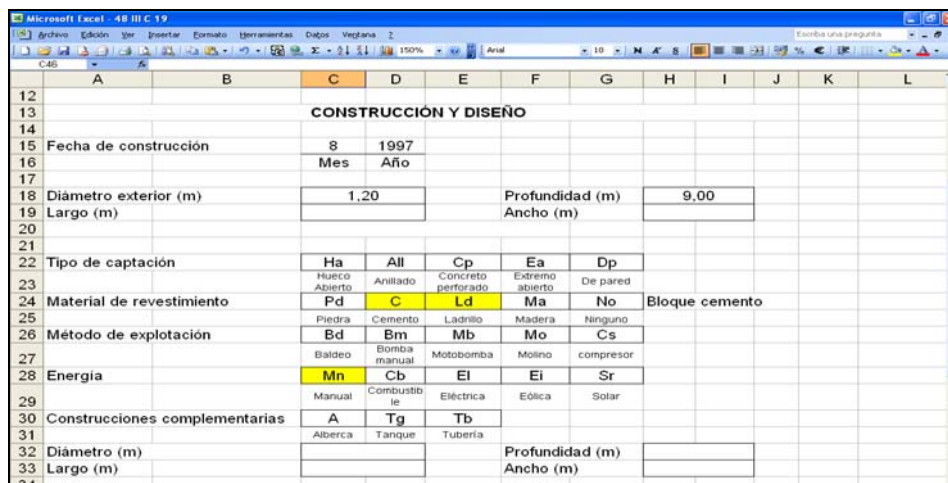
16.5 Construcción y diseño

En la sección correspondiente a la construcción y diseño del punto de agua (aljibe o pozo) se complementa información de la fecha de construcción del aljibe, que incluyen los siguientes aspectos; figura 164.

- diámetro exterior, profundidad,
- largo y ancho si la sección del pozo es rectangular o cuadrada.
- Tipo de captación; las mas usadas hueco abierto o anillado
- Material de revestimiento; las mas usadas, piedra, concreto, ladrillo, madera
- Método de explotación; las mas usadas bombas centrifugas a eléctricas o con combustibles, molinos, compresor o bombas sumergibles tipo lapicero.
- Tipo d energía, manual, eléctrica, combustible, eólica, solar.

En igual forma se incluyen las construcciones complementarias que incluyen albercas, tanques, tuberías, silos, etc.; a las cuales se les debe tomar sus dimensiones como profundidad, largo, ancho, diámetro.

Es importante destacar que es importante dialogar con el informante sobre su experiencia relacionada con la operación de los tanques, específicamente si conoce o ha calculado el tiempo de llenado de los mismos, con el régimen de operación (en horas o minutos) de los equipos instalados en su momento.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
12			CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO										
13													
14													
15	Fecha de construcción		8	1997									
16			Mes	Año									
17													
18	Diámetro exterior (m)		1,20			Profundidad (m)	9,00						
19	Largo (m)					Ancho (m)							
20													
21	Tipo de captación		Ha	All	Cp	Ea	Dp						
22			Hueco	Anillado	Concreto	Extremo	De pared						
23			Abierto		perforado	abierto							
24	Material de revestimiento		Pd	C	Ld	Ma	No	Bloque cemento					
25			Piedra	Cemento	Ladrillo	Madera	Ninguno						
26	Método de explotación		Bd	Bm	Mb	Mo	Cs						
27			Baldeo	Bomba manual	Motobomba	Molino	compresor						
28	Energía		Mn	Cb	Ei	Ei	Sr						
29			Manual	Combustible	Eléctrica	Eólica	Solar						
30	Construcciones complementarias		A	Tg	Tb								
31			Alberca	Tanque	Tubería								
32	Diámetro (m)					Profundidad (m)							
33	Largo (m)					Ancho (m)							
34													

Figura 164. Sección del formato-Diseño y construcción para los aljibes

La sección del formato en lo que respecta a la construcción y diseño de los pozos incluye adicionalmente los siguientes aspectos:

- Diámetro exterior, e interno para efectos de calculo de volúmenes de agua.
- Fecha de construcción.
- Material del que esta construido, los mas utilizados PVC y Acero.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

- Método de construcción, los mas usados rotación directa o inversa.
- Tipo de empaque y volumen de gravilla utilizado.
- Tipo de limpieza que se realiza al pozo, los mas usados (inyección de agua, aire comprimido, pistón, sobrebombeo los mas si este requiere de un tratamiento, los mas usados con polifosfatos o ácidos.

En la figura 165 se presenta el formato que se utiliza para la construcción y terminación de los pozos que se encuentran en el inventario del convenio.

Construcción y terminación											
10											
11											
12	Compañía perforadora										
13	Fecha construcción										
14	Díámetro exterior (pul)										
15	Profundidad (m)	19,6									
16											
17	Material	Ax	Ay	Az	Al	Hg	Cu	Al	Pv	Pt	Fg
18		Acero inoxidable	Acero al carbono	Acero Cobre	Acero torcido	Acero galvanizado	Cobre	Aluminio	PVC	Plástico	Fibra vidrio
19											
20	Método construcción	Ra	Ri	Pc	Ps	J	Hi	Bd			
21		Rotación directa	Rotación inversa	Perforación cable	perforación aire	Jetting	Hincado	Barrenado			
22											
23	Fluido	Ld	Ag	Ar	Et						
24		Lodo	Agua	Aire	Espuma						
25											
26	Tratamiento especial	Ao	Ai	Ep	Ot						
27		aditivos orgánicos	aditivos inorgánicos	Explosivos	Otros						
28	Empaque de Gravilla										
29	Cantidad m3										
30	Díámetro promedio										
31	Nivel de engravillado										
32											
33	Sellos	C	B	A							
34		Concreto	Bentonita	Arcilla							
35											
36	Limpieza y desarrollo	Ap	Pb	Ps	Sb	Ch	N				
37		Aire Comp	Pies agua	Piston	Sobre bombeo	Cuchara	Ninguno				
38											
39	Tratamiento especial	Df	Hs	Ac	Dt						
40		Defloculante	ácido clorhídrico	Alabación	Desinfectante						

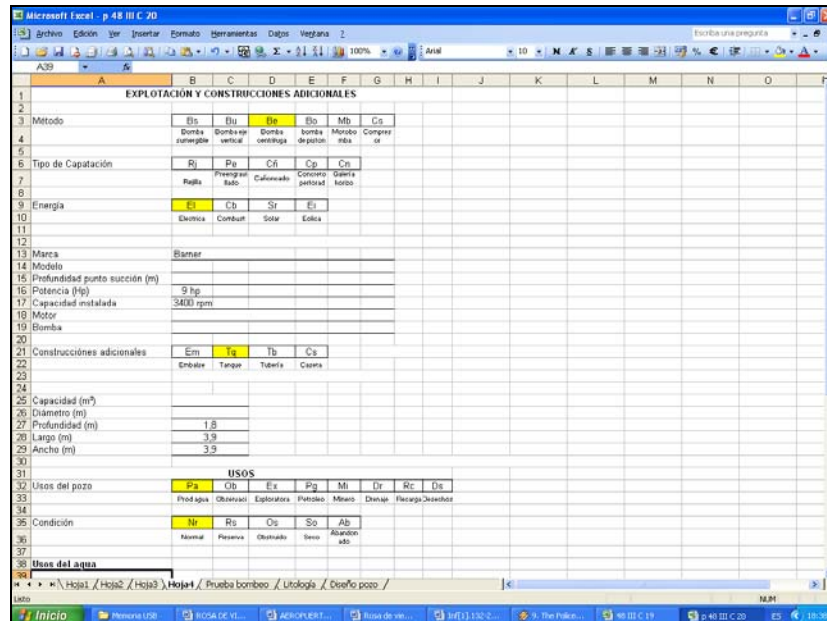
Figura 165. Sección del formato-Construcción y diseño de pozos

16.6 Explotación y construcción adicionales

En esta sección se describe los predios que se abastecen con pozos, e incluye los siguientes aspectos; figura 166.

- método de explotación; los mas usados bomba sumergible, bomba de eje vertical lubricada con aceite, bomba centrífuga, bomba a pistón, motobomba o compresor.
- tipo de energía utilizada; electricidad, combustibles, solar, eólica.
- datos sobre la marca de la bomba; su potencia, capacidad instalada con las dimensiones del mismo y profundidad de instalación de la misma.
- construcciones adicionales tales como embalses, tanques, albercas, etc; se debe, conocer su capacidad, usos del agua y condiciones de la misma.

**APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**



EXPLOTACIÓN Y CONSTRUCCIONES ADICIONALES									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Figura 166. Sección del formato-Explotación y construcciones adicionales

16.7 Uso del agua

Se debe complementar la información de los diferentes tipos de usos del agua subterránea; que incluyen los siguientes aspectos; figura 167.

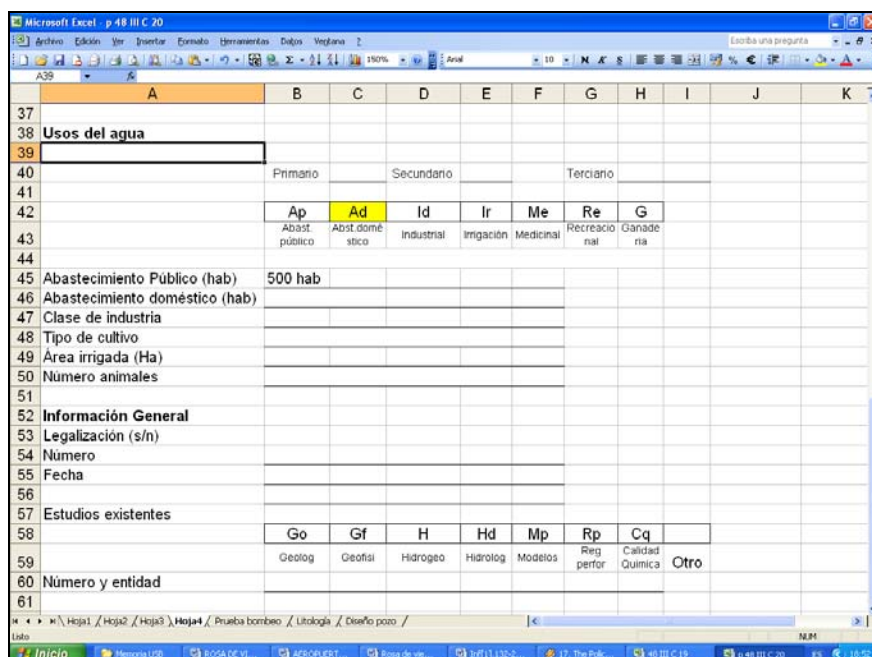
Usos; Primario, Secundario o Terciario; se incluyen entonces

- abastecimiento público
- abastecimiento doméstico
- industrial
- medicinal
- recreacional
- ganadería

Se complementa la información en relación a los siguientes aspectos;

El numero de habitantes que se abastecen, la clase de industria, tipo de cultivo, área irrigada (ha) y el numero de animales

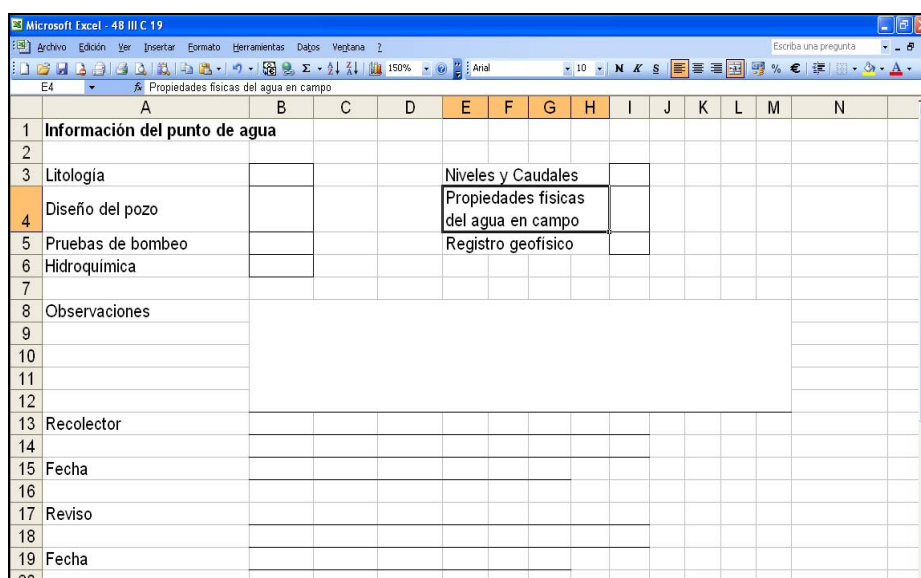
APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
37											
38	Usos del agua										
39											
40		Primario		Secundario			Tercario				
41											
42		Ap	Ad	Id	Ir	Me	Re	G			
43		Abast. público	Abast. doméstico	Industrial	Irriagación	Medicina	Recreación	Ganadería			
44											
45	Abastecimiento Público (hab)	500 hab									
46	Abastecimiento doméstico (hab)										
47	Clase de industria										
48	Tipo de cultivo										
49	Área irrigada (Ha)										
50	Número animales										
51											
52	Información General										
53	Legalización (s/n)										
54	Número										
55	Fecha										
56											
57	Estudios existentes										
58		Go	Gf	H	Hd	Mp	Rp	Cq			
59		Geología	Geofísica	Hidrogeología	Hidrología	Modelos	Reg perfor	Calidad Química	Otro		
60	Número y entidad										
61											

Figura 167. Sección del formato-Usos del agua

Seguidamente se consulta inicialmente en el campo y posteriormente en la oficina pertinente información general del pozo como su estado de legalización, si cuenta con estudios existentes, la entidad que los realizó y que generalmente incluyen información hidrogeológica, geofísica, geoquímica, hidráulica, diseño del pozo, inventario de puntos de agua, monitoreo de niveles o calidad del agua, etc, figura 168.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Información del punto de agua													
2														
3	Litología				Niveles y Caudales									
4	Diseño del pozo				Propiedades físicas del agua en campo									
5	Pruebas de bombeo				Registro geofísico									
6	Hidroquímica													
7														
8	Observaciones													
9														
10														
11														
12														
13	Recolector													
14														
15	Fecha													
16														
17	Revisó													
18														
19	Fecha													
20														

Figura 168. Sección del formato-Información del punto de agua (pozo, aljibe)



**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

En actualidad se cuenta con 1118 puntos de agua inventariados durante el convenio 132-2003; la información se encuentra en formato análogo y se digitaliza en los formatos en hojas excel diseñados para tal fin.

El IDEAM desarrolla una base de datos que integre el conocimiento adquirido durante varias décadas de exploración y evaluación de las aguas subterráneas lo que permita el almacenamiento y procesamiento de información para la toma oportuna de decisiones a los administradores del recurso. EL IDEAM ha realizado documentos conceptuales relacionados con el estado del conocimiento de las aguas subterráneas en el marco del ciclo hidrológico, que sirven de base para el desarrollo del diseño del módulo de la base de datos hidrogeológica, articulado dentro del sistema de bases de datos del Sistema de Información Ambiental. En una primera instancia se desarrolló la base de datos en el servidor Oracle del instituto, con una base de datos alterna en MS Access y se creó la interfaz de usuario en Visual Basic.

Dentro del Convenio de Cooperación entre IDEAM y CORPOCESAR se instaló la aplicación en CORPOCESAR y se capacitó a funcionarios y contratistas de la Corporación en su uso, a fin de que migraran la información proveniente de pozos, aljibes y manantiales que están en jurisdicción de la Corporación.

En la actualidad, el IDEAM está en proceso de modernizar sus sistemas de información a fin de hacerlos más ágiles y confiables a las entidades que conforman el SINA y por tal razón se pasa del esquema cliente – servidor tradicional, a sistemas de información Web, que faciliten el almacenamiento y procesamiento de la información hidrogeológica ambiental.



APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

CONCLUSIONES

La consolidación del conocimiento del modelo hidrogeológico conceptual del área del convenio 132-2003 Corpocesar- Ideam ha permitido actualizar información hidrogeológica de la cabecera y área de influencia rural de los municipios de Agustín Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguana, El Paso, Astrea y EL Paso.

Los aspectos más relevantes desde el punto de vista institucional trabajo son los siguientes;

- ✓ Fortalecimiento de Corpocesar y el IDEAM en el marco del SINA en el conocimiento de metodologías para formular los modelos hidrogeológicos conceptuales de los sistemas acuíferos mediana a gran importancia hidrogeológica los cuales se extienden subsuperficialmente y en el subsuelo de los municipios de Agustín Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguana, El Paso, Astrea y EL Paso.
- ✓ Fortalecimiento de Corpocesar y el IDEAM en el diseño, construcción y puesta en operación de una red de monitoreo específica en los municipios de Agustín Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguana, El Paso, Astrea y EL Paso.
- ✓ Fortalecimiento de Corpocesar e IDEAM en la compra, instalación y conocimiento de equipos y software de aguas subterráneas, para la elaboración de los modelos hidrogeológicos conceptuales.

Los aspectos más relevantes desde el punto de vista del estado del arte en el avance del conocimiento hidrogeológico son los siguientes:

- ✓ En el área de estudio se extienden unidades roca-sedimento que forman acuíferos de poca a gran importancia hidrogeológica para el desarrollo social y económico del Departamento del Cesar. Los sistemas acuíferos de gran importancia hidrogeológica corresponden unidades geológicas con porosidad primaria o intergranular, correspondientes a los Depósitos Cuaternarios de Llanura Aluvial (Qlla), y a unidades geológicas del Terciario correspondientes a la Formación los Cuesta (Tmc), y la Formación Sedimentitas de Arjona (Tpa) y la Formación la Quinta Sedimentaria (Jqs).
- ✓ En área del convenio 132-2003 Corpocesar-IDEAM se caracterizan por estar afectadas o emplazadas en una tectónica de bloques asociadas a pliegues, y fallas de carácter semiregional a local; las cuales regional y localmente exponen y desplazan sistemas acuíferos de mediana a gran importancia hidrogeológica; lo que conlleva a definir el modelo de flujo de sus aguas subterráneas.
- ✓ Los sondeos eléctricos verticales ejecutados permiten conocer las resistividades y espesores de las capas acuíferas y capas de naturaleza semi-impermeable a impermeable; principalmente del Sistema Acuífero de Llanura Aluvial (Qlla), en

algunos casos localmente sus límites con el basamento geológico. La información de los sondeos permitirá proyectar la localización de nuevos aljibes o pozos o para la ubicación de obras de saneamiento básico o abastecimiento con aguas subterráneas de los actuales o nuevos acueductos veredales.

- ✓ La evaluación de los parámetros hidrológicos y meteorológicos y propiedades físicas y texturales de los suelos permitió conocer en una primera aproximación la recarga potencial a los sistemas acuíferos que se extienden en las cuencas o subcuencas del área del convenio 132-2003. La infiltración o recarga potencial en la cuenca de los ríos de acuerdo a la información de los suelos es la siguiente:

Cuenca	Recarga potencial (mm)		
	Suelo Arenoso	Suelo Limoso	Suelos Arcillosos
Río Ariguaní	17.5	0.0	0.0
Río Calenturitas	140.9	92.1	84.8
Río Casacará	94.0	92.0	37.7
Río Fernambuco	43.5	15.6	0.0
Cuenca Arroyo San Antonio	249.1	203.1	197.2
Río Magiríaimo	207.2	205.4	68.7
Río Sicarare	75.5	29.4	24.2
Quebrada Astrea	89.70	58.87	58.87

- ✓ La actualización del inventario de puntos de agua en el área del convenio 132-2003 permitió inventariar 1118 captaciones de agua subterráneas las cuales fueron inventariados en el área del convenio 132-2003, la cual incluyó la cabecera y área de influencia rural de los municipios de Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguaná, Chimichagua, El Paso y Astrea. Es importante destacar que para conocer el modelo hidrogeológico conceptual semiregional a local de unidades acuíferas de interés para el convenio 132-2003, el inventario de puntos de agua se extendió a áreas rurales de los municipios de La Paz, San Diego, Curumaní en el Departamento del Cesar y Pijiño del Carmen en el Departamento del Magdalena. Los resultados del inventario muestran que el 76% de los puntos inventariados captan del sistema acuífero (Qlla), el 14% captan de la formación Sedimentitas de Arjona (Tpaa), el 5% captan de los Depósitos de Cono Aluvial (Qca) y el 2 % de los Depósitos Cuaternarios de Terraza.



APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

El 70% de las captaciones de aguas subterráneas son aljibes, el 28% son pozos de mediana a gran profundidad y el 2% corresponden a manantiales.

- ✓ El modelo de flujo de aguas subterráneas para la primera capa acuífera de los diferentes sistemas acuíferos captados indican que las zonas de recarga se ubican, específicamente en una franja que involucra el contacto de los Sistemas Acuíferos Cuaternarios como los Depósitos Cuaternarios de Llanura Aluvial (Qlla) con los Sistemas de edad cretácica que se ubican hacia el piedemonte de la Serranía del Perijá como el grupo Cogollo (Kmc), la formación Rionegro (Kir), la Formación La Luna (Ksl). Muy localmente las zonas de recarga se ubican en el contacto entre los Sistemas Acuíferos Cuaternarios como los Depósitos Cuaternarios de Llanura Aluvial (Qlla) y los Depósitos de Terraza (Qt). Las zonas de tránsito se ubican hacia la parte media del área de estudio del convenio 132-2003 y la zona de descarga corresponde a al cauce del río Cesar y los tributarios que convergen en esta zona. Localmente en igual forma la zona de descarga se ubican hacia el complejo de ciénagas que se ubican en el área rural del municipio de El Paso y Chiriguaná.
- ✓ Las unidades de mediana a gran importancia hidrogeológica en el área del convenio 132-2003 IDEAM- CORPOCESAR corresponden al Sistema Acuífero de Llanura Aluvial (Qlla), el cual está constituido por capas de gravas, arenas, limos y arcillas, de extensión semiregional a local, con cambios laterales de facies: que se manifiestan por cambios de espesor en los diferentes bloques tectónicos variando de 10 a 100 metros; con valores de resistividades del orden de 5 a 2000 Ohm-m. Los acuíferos son de tipo libre a semiconfinado; las captaciones presentan niveles estáticos que varían entre 1 a 20 metros. Las aguas desde el punto de vista químico son de tipo bicarbonatada de tipo calcico, magnésica, localmente sódica, la conductividad del agua es menor de 1000 Ohm-m (entre 400 a 800 Ohm-m). Las aguas en general son dulces, aptas para el consumo humano; presentando restricciones localmente por la presencia de Fe, Mn y altos valores de Ph. Desde el punto de vista microbiológico las aguas de muchos aljibes y pozos no son aptas para el consumo humano por la presencia de coniformes fecales y totales.

Los aspectos más relevantes desde el punto de vista ambiental relacionado con la sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo son los siguientes:

- ✓ En el área de estudio se extienden unidades roca-sedimento que son objeto de explotación por parte de la industria minera del carbón explotado a cielo abierto en las zonas del Descanso y La Loma. La apertura de los pits o frentes de explotación que espacial y temporalmente intervienen flujos de capas acuíferas más someras de la formación Cuestas (Tmc) y la Llanura Aluvial (Qlla) antes de alcanzar a mayor profundidad los mantos de carbón de la formación Los Cuervos (Tec).
- ✓ Las fuentes de captación de aguas subsuperficiales a través de aljibes o pozos de mediana a gran profundidad de los acueductos de las cabeceras municipales o veredales cercanos o en el área de influencia de los frentes de explotación

manifestarán cambios en sus niveles estáticos o dinámicos de explotación a mediano y largo plazo.

- ✓ Los Sistemas Acuíferos Depósitos Cuaternarios principalmente el de Llanura Aluvial (Qlla) potencialmente por su carácter vulnerable y libre; pueden estar afectados por la migración de lixiviados provenientes de prácticas agrícolas inadecuadas, rellenos o botaderos a cielo abierto, cementerios, estaciones de gasolina, lagunas de tratamientos de aguas residuales domésticas y de las industrias palmeras, enterramientos de recipientes de plaguicidas; las cuales no cuentan con una red de pozos de monitoreo o piezómetros donde se conozca las variaciones en cantidad (niveles) o calidad (parámetros físico químicos y bacteriológicos) de las aguas subterráneas
- ✓ El modelo hidrogeológico conceptual del área del convenio 132-2003, permitió generar una estrategia que dio inicio a la construcción de la red de monitoreo de las aguas subterráneas; seleccionándose sitios que monitorearan en una primera fase la primera capa acuífera de los sistemas acuíferos que son captados por pozos que abastecen a la cabecera de los municipios, o a pozos que están bajo la influencia de conos de bombeo que se interconectarán espacial o temporalmente o cerca de fuentes de contaminación puntual o difusa. El inicio y puesta en marcha de la red incluye pozos de observación construidos en la cabecera de los municipios de Agustín Codazzi, Becerril, Corregimiento de los Palmitos del municipio de la Jagua de Ibirico, Chiriguaná, EL Paso, Astrea y Chimichagua; los cuales captan las primeras capas acuíferas de los Sistemas Acuíferos de Llanura Aluvial (Qlla), Sedimentitas de Arjona (Tpaa) y la Formación La Luna (Ksl).



RECOMENDACIONES

- ✓ Actualización periódica del inventario de captaciones de agua subterránea que permita conocer la demanda de las comunidades asentadas en los municipios anteriores; reducir progresivamente la ilegalidad en la construcción de pozos y aljibes y generar una cultura hacia los usuarios de los recursos hídricos subterráneos de obtener y tramitar los permisos de exploración y explotación del agua subterránea ante Corpocesar.
- ✓ Restringir las prácticas actuales y futuras del uso del territorio (suelo) de actividades como la descarga de efluentes y vertido de residuos domésticos que posteriormente migraran al subsuelo a través de la zona saturada. En igual forma minimizar o reducir los efectos de la contaminación producida por la ubicación y manejo inapropiado de los botaderos o mal llamados rellenos sanitarios, lagunas de tratamiento de agua municipales e industriales , pozas sépticas o letrinas, cementerios, estaciones de gasolinas y cambiaderos de aceite, etc; los cuales no deben interceptar las trayectorias de flujo de las aguas subsuperficiales hacia la captación (pozo o aljibe), evitando en primera instancia la contaminación de la primera capa de los sistemas acuíferos.
- ✓ Proteger las zonas de recarga, transito y descarga de los sistemas acuíferos de gran importancia hidrogeológica como es el Sistema Acuífero Llanura Aluvial (Qlla), Conos Aluviales (Qca), las Formaciones Sedimentitas de Arjona (Tpaa), Formación Cuesta (Tmc), el Grupo Cogollo (Kmc), La Formación, de tal manera
- ✓ Establecer campañas de difusión sobre la necesidad de construir obras de protección para evitar la contaminación directa del agua para consumo humano en aljibes, pozos y manantiales, en igual forma la escogencia técnica del sitio de construcción de pozas sépticos
- ✓ Establecer un control estricto sobre el uso, manejo y disposición de fertilizantes y pesticidas en actividades agrícolas desarrolladas en las zonas de recarga de los sistemas acuíferos.
- ✓ Realizar inspecciones sanitarias periódicas en fuentes de abastecimientos domésticas que utilicen aljibes equipados con bombas manuales, a combustible o eléctricas.
- ✓ Prevenir la contaminación futura de los acuíferos, mediante la prohibición del desarrollo de actividades potencialmente contaminantes en áreas cercanas a las zonas de recarga anteriormente mencionadas y de alta vulnerabilidad a la contaminación como la cabecera municipal donde se construyen captaciones sin tener en cuenta la vulnerabilidad del acuífero.
- ✓ Definición de los perímetros de protección de los pozos que garanticen el desarrollo de actividades socioeconómicas de la población.

APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RÍOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

- ✓ Los pozos o aljibes abandonados deben ser sellados completamente con tapas de concreto; para evitar que sean utilizados como botaderos de basuras; Clandestinamente se utilizan también para la disposición de efluentes domésticos e industriales en zonas sin alcantarillado. Esta práctica ha sido causa de serios y costosos problemas de contaminación de aguas subterráneas y pozos, desde microorganismos patógenos hasta químicos tóxicos que llegan rápidamente a los acuíferos con pocas posibilidades de atenuación y menos de eliminación.
- ✓ Prevenir la ingestión de aguas subterráneas contaminadas con bacterias, virus y parásitos patógenos, los cuales se identificaron coliformes totales y fecales en los análisis bacteriológicos de la gran mayoría de los muestreados. Estos organismos patógenos ingresan a los acuíferos someros desde tanques sépticos, letrinas, drenajes, o cursos superficiales con aguas contaminadas, etc. Los pozos inadecuadamente contruidos son particularmente propensos a este tipo de contaminación. Sin embargo, en casi todas las formaciones excepto en las más vulnerables, la capacidad de atenuación natural de la zona no saturada o las capas semiconfinantes confieren una protección al acuífero.
- ✓ El Instituto de Hidrología Meteorología y estudios Ambientales IDEAM, la Corporación Autónoma Regional de Cesar deben fortalecer la ampliación de la Red de la Red de Monitoreo del Agua Subterránea para las unidades acuíferas Sistema Acuífero Llanura Aluvial (Qlla), Conos Aluviales (Qca), las Formaciones Sedimentitas de Arjona (Tpaa), Formación Cuesta (Tmc), el Grupo Cogollo (Kmc), La Formación, Aluviones Recientes, mediante la construcción de piezómetros o pozos de observación, a partir de los cuales se observara el comportamiento de los niveles y la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea espacial y temporalmente de tal manera que se genere información oportuna a nivel de avisos, alertas, boletines y pronósticos sobre los recursos hídricos subterráneos y superficiales.
- ✓ Regular la construcción de pozos de mediana a gran profundidad por parte de compañías perforadoras de pozos de agua con equipos adecuados pero que ignoran la legalidad de sus actividad, así como constructores que operan equipos de perforación artesanales, sin conocimientos técnicos; convirtiéndose en muchos casos en contaminadores por los diseños de los pozos que mezclan aguas de diferentes salinidades.
- ✓ Con base en la información obtenida del inventario de puntos de agua y el balance hídrico estimar el índice de escasez de aguas subterráneas.



APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR

BIBLIOGRAFIA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN – EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ. El Estudio del desarrollo Sostenible del Agua Subterránea en la Sabana de Bogotá en la República de Colombia Informe Intermedio. Febrero de 1992.

BANCO MUNDIAL. Protección para la calidad del agua subterránea, guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Editorial Mundi Prensa – Libros. 1 Edición. Washington, D.C. 2002

CASTRO M Miguel – GUZMÁN Orlando. Estudio Comparativo de Fórmulas de Evapotranspiración Potencial en Colombia. Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras HIMAT. Bogotá. 1985.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE CEPIS. Monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas: una evaluación de métodos y costos. Programa Regional de Prevención y Control de la Contaminación de Aguas Subterráneas. Lima, Perú. 1994.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE CEPIS. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas: una metodología basada en datos existentes. Programa Regional de Prevención y Control de la Contaminación de Aguas Subterráneas. 2 Edición. Lima, Perú. 1991.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE CEPIS. Estrategias para la protección de aguas subterráneas: una guía para su implementación. Programa Regional de Prevención y Control de la Contaminación de Aguas Subterráneas. Lima, Perú. 1992.

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR CORPOCESAR. Plan de Gestión Ambiental Regional 2002 – 2012. Valledupar, Colombia. 2002.

CORPOICA Y DASALUC, Laboratorio de aguas. Caracterización Físico Química de las Aguas Subterráneas en el marco del convenio 132-2003.

CUSTODIO Emilio y LLAMAS Manuel. Hidrología Subterránea. Ediciones Omega. Barcelona. 1976.

FOSTER Stephen and others. Groundwater in Rural Development. World Bank Technical Paper No 463. Washington D.C. 2000.



APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECOMUNIDADES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR



FOSTER Stephen and others. Groundwater Quality Protection. The World Bank. Washington, D.C. 2002.

GONZALEZ B Fabio – RODRÍGUEZ M Humberto. Manual de Radiación Solar en Colombia. Departamento de Física Universidad Nacional de Colombia. Rodríguez y González Editores. Bogotá 1992.

INGEOMINAS. Evaluación del Agua Subterránea del Departamento del Cesar. Bogotá, 1995

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC. Características Geográficas del Departamento del Cesar. IGAC. Bogotá. 1993.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC. Estudio General de Suelos de los Municipios de Codazzi, Manaure, La Paz, San Diego y Becerril Esc 1: 100000. Bogotá. 1982

LEON DÍAZ. Pedro José. Aplicación de un Modelo Computacional de Flujo y Transporte a los Acuíferos Libres al SE del Valle del Río Cauca. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá 2003.

MINAMBIENTE. Formulación de Proyectos de Protección Integrada de Aguas Subterráneas. Guía Metodológica. Bogotá 2002.

MIJAILOV L. Hidrogeología. Editorial Mir Moscú. URRS 1985.

MONSALVE SAENZ Germán. Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá. 1995

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR. Alcaldía de Valledupar. Valledupar, Colombia.

PEREZ FRANCO Diosdado. Hidráulica Subterránea. Editorial Científico Técnica. La Habana Cuba 1982.

PRICE, Michael. Agua Subterránea. Limusa Noriega Editores. 1 Edición. México. 2003.

PULIDO SILVA, Gonzalo. Curso internacional de manejo y protección de acuíferos. Introducción a la hidrogeología ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Unidad de publicaciones. 1 Edición. Bogotá, Colombia. 1996

SAMPER CALVETE F Javier. Métodos de Evaluación de la Recarga por la Lluvia por Balance de Agua. Textos del Seminario celebrado en Las Palmas de Gran Canaria. Enero de 1997 Evaluación de la Recarga a los Acuíferos en la Planificación Hidrológica. CUSTODIO Emilio y LLAMAS Manuel. Instituto Tecnológico Geominero de España.

SHAW M. Elizabeth. Hydrology in Practice. Third Edition Chapman & Hall.



**APROVECHAMIENTO Y PROTECCION INTEGRAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS ECTORREGIONES
DE LOS VALLES DE LOS RIOS CESAR Y MAGDALENA, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

SILVA MEDINA Gustavo Hidrología Básica. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería Sede Bogotá. Bogotá. 1998.