MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL EN LA ZONA ESTE DEL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO, CASANARE, COLOMBIA.

Andrés Felipe Pascagaza Suárez

Trabajo presentado como requisito para optar al título de Geólogo

UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

PROGRAMA DE GEOLOGIA

Manizales, Caldas

Octubre de 2021

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL EN LA ZONA ESTE DEL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO, CASANARE, COLOMBIA.

AUTOR:

Andrés Felipe Pascagaza Suarez

DIRECTOR:

M.sc Jhon James Otálvaro Barco

UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

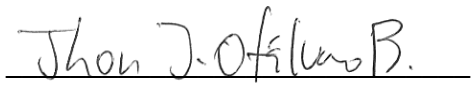
PROGRAMA DE GEOLOGIA

Manizales, Caldas

Octubre de 2021

NOTA DE ACEPTACION

APROBADO



Jhon James Otálvaro Barco

Director de trabajo de grado

DEDICATORIA

A mis padres Marilú Suarez y Carlos Pascagaza, por tanto amor, cariño y apoyo incondicional en todo el momento de mi vida. Este logro es de ustedes también.

A mi hermana Mariana por creer en mí y darme siempre su total afecto.

A mi pareja Yòmara por su constante amor, comprensión y acompañamiento en este camino. Por aconsejarme y ser un bastón en este buen porvenir.

A mi familia que de alguna u otra manera siempre me acompañaron en este momento de mi vida.

A mis amigos y compañeros, con quienes compartí gratos momentos. Gracias

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A la Universidad de Caldas y el programa de Geología, por formarme personal y profesionalmente.

Al director del proyecto de grado Jhon James Otálvaro por la constante enseñanza, colaboración y guía en la ejecución de esta tesis.

A la Empresa Estudios Hidrogeológicos y Ambientales (EH&A), por brindarme la información del proyecto y permitirme trabajar en las primeras etapas de la vida laboral.

A Esther Villamizar y Luz Myriam por enseñarme los pequeños, pero importantes saberes acerca de la Hidrogeología.

Finalmente, a todas las personas que de alguna u otra manera contribuyeron con el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 20

2. JUSTIFICACIÒN 21

3. OBJETIVOS 22

5.1 Objetivo general 22

5.2 Objetivos específicos 22

4. LOCALIZACIÓN 24

5. METODOLOGÍA 25

5.3 Fase I-Recopilación de información secundaria. 25

5.4 Fase II-Fundamentación teórica. 25

5.5 Fase III-Validación de la información recopilada. 26

5.6 Fase IV-Análisis de la información. 26

5.7 Fase V-Modelo hidrogeológico conceptual 27

6. ANTECEDENTES 29

7. MARCO DE REFERENCIA 31

7.1 Marco teórico 31

7.2 Estado del arte 36

8. GEOLOGÍA 38

8.1 Geología Regional 38

8.2 Cuenca sedimentaria del Piedemonte Llanero 39

8.3 Cuenca Sedimentaria de los Llanos Orientales 40

8.4 Geología local 42

8.4.1 Formación Guayabo (N-sc) 42

8.4.2 Formación Caja (E3N1-stm) 42
8.4.3 Formación Corneta (N2Q1-Sc) 42
8.4.5 Depósitos Cuaternarios 43
8.5 Geología Estructural 45
9. GEOMORFOLOGÍA 47
9.1 Unidades geomorfológicas 47
10. HIDROGEOLOGÍA 51
10.1 Hidrogeología Regional 51
10.2 Inventario de puntos de agua 53
10.2.1 Análisis y evaluación de la información 54
10.2.1.1 Manantiales 54
10.2.1.2 Pozos 56
10.2.1.3 Aljibes 59
10.2.1.4 Jagüeyes 61
10.3 Prospección geoeléctrica 62
10.3.1 Procesamiento e interpretación de la información 62
10.3.2 Correlación geológica e hidrogeológica 70
10.3.2.1 Zonas de resistividad 71
10.3.2.2 Perfiles geológico-geoeléctrico 76
10.2.2.3 Mapas de isoprofundidades y espesores de las zonas de resistividad eléctrica 98
10.4 Pruebas de bombeo 103
10.4.1 Parámetros Hidráulicos. 105

10.5 Unidades hidrogeológicas 106
10.5.1 Acuífero de media a baja productividad-Capacidad específica entre 0.5 y 2,0 l/s/m 108
10.5.2 Acuíferos de mediana a baja productividad, capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m 109
10.5.3 Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m 111
10.6 Direcciones del flujo de agua subterránea 113
10.7 Recarga potencial 118
10.7.1 Análisis y consistencia de datos. 120
10.7.2 Análisis temporal de las series de precipitación 125
10.7.3 Recarga potencial 133
10.7.3.1 Fracción de lluvia interceptada por el Follaje (Ret) 135
10.7.3.2 Coeficiente de infiltración 141
10.7.3.3 Cálculo de infiltración pluvial mensual 147
10.7.3.4 Cálculo de recarga potencial al acuífero (Rp) 152
10.8 Hidrogeoquímica 164
10.8.1 Caracterización hidrogeoquímica 164
10.8.1.1 Análisis de los Aniones y Cationes 166
10.8.1.2 Diagramas Piper y Stiff. 168
10.8.2 Otras consideraciones 172
10.8.3 Mapas de isoconcentraciones 172
10.8.3.1 Conductividad eléctrica 173

10.8.3.2 pH 176
10.8.3.3 Temperatura 179
10.9 Modelo hidrogeológico conceptual 182
11. CONCLUSIONES 188
12. BIBLIOGRAFÍA 194

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio. Fuente: Autor..... 24

Figura 2. Flujograma conceptual de exploración hidrogeológica. Tomado de INGEOMINAS, 2004..... 26

Figura 3. Metodología. 28

Figura 4. Arreglo de Calicatas y electrodos. 33

Figura 5. Tipos de puntos de agua. A, B Pozo y aljibe. Tomado de EIA (Llanos 14). C, Manantial. Tomado de FUNDACIÓNAQUAE (s.f.) 35

Figura 6. Columna estratigráfica generalizada de la Cuencas de los Llanos. Tomado de la ANH 41

Figura 7. Mapa geológico del área de estudio. Tomado y modificado del EIA de Llanos 9 y Llanos 14..... 46

Figura 8. Mapa de pendientes en grados. Fuente: Autor..... 48

Figura 9. Ambientes geomorfológicos. Fuente Imagen: Satélite Landsat. 49

Figura 10. Mapa Geomorfológico. Fuente: Tomado y modificado de EIA Llanos 9 y Llanos 14. 49

Figura 11. Ubicación del Área de estudio. Tomado y modificado de Mapa de Regiones Hidrogeológicas de Colombia. IGAC-IDEAM (2002)..... 52

Figura 12. Localización de puntos de agua. Fuente: Autor..... 53

Figura 13. Inventario de puntos de agua. Fuente: Autor. 54

Figura 14. Usos y usuarios de manantiales. Fuente: Autor. 56

Figura 15. Usos y usuarios de los pozos. Fuente: Autor. 58

Figura 16. Usos y usuarios de los Aljibes. Fuente: Autor. 60

Figura 17. Localización de los SEVs. Fuente: Autor. 65

Figura 18. Curva de Resistividad vs Distancia. Fuente: Autor. 69

Figura 19. Profundidad y espesores de las capas resistivas. 69

Figura 20. Perfiles de correlación. Fuente: Autor 71

Figura 21. Corte A-A`. Fuente: Autor. 78

Figura 22. Corte B-B`. Fuente: Autor. 80

Figura 23. Corte C-C`. Fuente: Autor. 82

Figura 24. Corte D-D`. Fuente: Autor. 84

Figura 25. Corte E-E`. Fuente: Autor. 86

Figura 26. Corte F-F`. Fuente: Autor. 88

Figura 27. Corte G-G`. Fuente: Autor. 90

Figura 28. Corte H-H`. Fuente: Autor. 92

Figura 29. Corte I-I`. Fuente: Autor 94

Figura 30. Corte J-J`. Fuente: Autor 97

Figura 31. Mapa de isoprofundidades o espesores de Z1. Fuente: Autor. 98

Figura 32. Mapa de isoprofundidades Z2. Fuente: Autor 100

Figura 33. Mapa de espesores Z2. Fuente: Autor. 100

Figura 34. Mapa de isoprofundidades Z3. Fuente: Autor. 102

*Figura 35.*Espesores Z3. Fuente: Autor. 102

Figura 36. Localización de las pruebas de bombeo. 104

Figura 37. Mapa Hidrogeológico. Fuente: Autor 112

Figura 38. Mapa piezométrico. Fuente: Autor. 114

*Figura 39.*Mapa piezométrico para los Depósitos Cuaternarios (Q2-al, Q1-al). Fuente: Autor. 115

Figura 40. Mapa piezométrico para Depósitos Cuaternarios (Q1-al, Q2-al, Q1-ca y Q2-ca). Fuente: Autor 116

Figura 41. Mapa piezométrico para los Depósitos Cuaternarios (Qco, Q2-ca) y la Formacion Caja (E2N1-Stm). Fuente: Autor. 117

Figura 42. Mapa de localización de las Estaciones. Fuente: Autor..... 118

Figura 43. Curva de doble masa, estación Santa Rita. 120

Figura 44. Curva de doble masa, estación Aguadas..... 121

Figura 45. Curva de doble masa, estación Paz de Ariporo. 121

Figura 46. Curva de doble masa, estación El Diamante..... 122

Figura 47. Corrección y homogenización de los datos para la estación El Diamante. 123

Figura 48. Curva de doble masa homogenizada, estación El Diamante. 124

Figura 49. Precipitación media mensual, Estación Santa Rita. 125

Figura 50. Precipitación media mensual, Estación Aguadas. 125

Figura 51. Precipitación media mensual, Estación Paz de Ariporo. 126

Figura 52. Precipitación media mensual, estación El Diamante. 126

Figura 53. Precipitaciones mensuales multianuales. A. Enero, B. Febrero, C. Marzo, D. Abril, E. Mayo, F. Junio, G. Julio, H. Agosto, I. Septiembre, J. Octubre, K. Noviembre, L. Diciembre. 132

Figura 54. Metodología de Shosinsky. Tomado de SGS, Colombia, 2021..... 134

Figura 55. Mapa de Cobertura vegetal. Fuente: POMCA Rio Ariporo. 2017. 136

Figura 56. Mapa de coeficiente de retención por efecto del follaje (*Cfo*). Fuente: Autor. 136

Figura 57. Precipitaciones retenidas mensuales multianuales. A. Enero, B. Febrero, C. Marzo, D. Abril, E. Mayo, F. Junio, G. Julio, H. Agosto, I. Septiembre, J. Octubre, K. Noviembre, L. Diciembre. 141

Figura 58. Mapa de infiltración por efecto de la textura del suelo (*Kfc*). 143

Figura 59. Mapa de infiltración por efecto de la cobertura vegetal (*Kv*) 145

Figura 60. Factor de infiltración por efecto de la pendiente del terreno (*Kp*). 146

Figura 61. Mapa de coeficientes de infiltración (Ci). 147

Figura 62. Infiltraciones pluviales mensuales multianuales. A. Enero, B. Febrero, C. Marzo, D. Abril, E. Mayo, F. Junio, G. Julio, H. Agosto, I. Septiembre, J. Octubre, K. Noviembre, L. Diciembre. 152

Figura 63. Distribución temporal de los valores medios mensuales multianuales de la ETP corregida. 156

Figura 64. Recarga potencial mensual multianual. A. Enero, B. Febrero, C. Marzo, D. Abril, E. Mayo, F. Junio, G. Julio, H. Agosto, I. Septiembre, J. Octubre, K. Noviembre, L. Diciembre. 160

Figura 65. Mapa de recarga potencial anual total. 161

Figura 66. Zonas de recarga potencial. 161

Figura 67. Diagrama Piper, de acuerdo las unidades geológicas. Fuente Autor. 169

Figura 68. Diagrama Piper. 170

Figura 69. Diagramas Stiff. 171

Figura 70. Distribución de las muestras. 174

Figura 71. Mapa de Conductividad Electrica. Fuente Autor. 175

Figura 72. Valores de pH medidos en época húmeda. 176

Figura 73. Valores de pH en época de transición húmeda-seca. 177

Figura 74. Mapa de pH. Fuente: Autor. 178

Figura 75. Muestras tomadas en diferentes épocas. A. Época Húmeda, B. Época Húmeda- Seca 180

Figura 76. Mapa de Temperatura. Fuente: Autor. 181

Figura 77. Modelo Hidrogeológico conceptual. Fuente: Autor. 187

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resistividades de acuerdo a las rocas y sedimentos. Tomado y modificado de Astier (1975). 34

Tabla 2. Jerarquización geomorfológica del área de estudio. 50

Tabla 3. Tabla SEVs Llanos 9. Fuente: Modificado EIA Llanos 9. 66

Tabla 4. Tabla SEVs Llanos 14. Fuente: Modificado EIA Llanos 14. 67

Tabla 5. Ejemplo formato Sev. Fuente. EIA Llanos 9. 68

Tabla 6. Tabla ejemplo, SEV 9. Fuente: Autor. 70

Tabla 7. Zonas de resistividad. 72

Tabla 8. Localización de los pozos. 104

Tabla 9. Parámetros hidráulicos de los pozos de abastecimiento de agua subterránea. Tomado del EIA Llanos 14. 105

Tabla 10. Unidades hidrogeológicas. Fuente: Autor 108

Tabla 11. Estaciones presentes en el área de estudio. 119

Tabla 12. Valores medios mensuales de precipitación. 127

Tabla 13. Tabla de reclasificación del *Cfo*. 137

Tabla 14. Coeficientes de acuerdo con las texturas del suelo. 143

Tabla 15. Valores de Kfc definidos para el estudio. 144

Tabla 16. Valores de Kc en función de la cobertura vegetal. 144

Tabla 17. Valores de *Kv* definidos para el estudio. 145

Tabla 18. Valores de Kp en función de la pendiente del terreno. 146

Tabla 19. Calculo de la Evapotranspiración corregida. 155

Tabla 20. Zonificación según el grado de recarga potencial. 162

Tabla 21. Puntos de muestro..... 165

Tabla 22. Error aceptable del balance iónico..... 166

Tabla 23. Balance Iónico. 167

Tabla 24. Criterios de aceptación. 168

Tabla 25. Muestras inventariadas para la Conductividad Eléctrica..... 173

TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo del Factor para la homogenización. 122

Ecuación 2. Cálculo de la retención. 135

Ecuación 3. Ecuación del Coeficiente de infiltración. 142

Ecuación 4. Cálculo del coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo *Kfc.* 142

Ecuación 5. Cálculo de infiltración pluvial mensual. 147

Ecuación 6. Cálculo de la Recarga potencial. 152

Ecuación 7. Cálculo de la evapotranspiración potencial. 154

Ecuación 8. Corrección de la Evapotranspiración. 154

Ecuación 9. Cálculo del Error. 166

Ecuación 10. Relación entre los TDS y la CE. 167

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Mapa geológico, geomorfológico e hidrogeológico.

ANEXO 2: Inventario puntos de agua.

ANEXO 3: Sondeos Eléctricos verticales.

ANEXO 4: Registro de la precipitación original obtenida de la plataforma DHIME.

RESUMEN

Sobre la cuenca de los Llanos Orientales, al este del municipio de Paz de Ariporo Casanare, se lleva a cabo un modelamiento hidrogeológico conceptual en un área de estudio de alrededor de 1.101 km^2. Este se enfoca en la determinación de las dinámicas de los sistemas hidrogeológicos, a partir de información secundaria como cartografía temática, prospección geoeléctrica, inventario de puntos de agua, cálculo de la recarga potencial, pruebas de bombeo e hidrogeoquímica. La metodología establecida, se basa en primera instancia en la recopilación de información secundaria (planchas, datos geofísicos, inventario de puntos, datos meteorológicos y etc). Posteriormente se realiza una contextualización teórica para el modelamiento hidrogeológico conceptual. Luego se realiza el análisis y la interpretación de la información, para finalmente, culminar con la discusión del modelamiento hidrogeológico conceptual. De esta manera, se tiene una caracterización hidrogeológica que permite detallar el sistema mismo, logrando identificar ocho unidades hidrogeológicas de edad cuaternaria y dos unidades hidrogeológicas neógenas (Acuífero de la Fm Caja y Acuífero Fm Guayabo). Asimismo, se expone el análisis de la información geoeléctrica, inventario de puntos de agua, abarcando información de piezometría y parámetros fisicoquímicos. De igual manera se realiza el cálculo de la recarga potencial, mediante el método de Shosinsky, teniendo en cuenta datos de retención, infiltración pluviométrica y evapotranspiración de las plantas, considerando factores como el follaje vegetal, uso de suelos y pendientes. En cuanto a la información en lo que respecta a la hidráulica e hidrogeoquímica, se integra información secundaria con el fin de, exponer características generales de las unidades hidrogeológicas

Teniendo en cuenta lo anterior se determina una zona, donde se aprovecha el recurso subterráneo de forma importante, considerando la cantidad de puntos de agua. El potencial hidrogeológico es importante debido las resistividades encontradas y a la información hidráulica integrada, donde se expone moderada a baja productividad, asociados a acuíferos semiconfinados a confinados de los Depósitos Cuaternarios y la Formación Guayabo. La respuesta en las resistividades para los Depósitos Cuaternarios y las unidades Neógenas está entre los 20 y 3020 Ohm/m. El comportamiento que exhiben cada uno de los parámetros fisicoquímicos junto al contraste de la piezometría permite deducir una conexión hidráulica entre los manantiales y los ríos de la zona, ya que estarían recargándose a partir de la descarga inmediata de los manantiales. De igual manera en tendencias generales se podría considerar una zona recarga en la parte del piedemonte llanero.

Palabras clave: Modelo hidrogeológico conceptual, inventario hidrogeológico, geoeléctrica, unidades hidrogeológicas, recarga potencial, hidrogeoquímica.

Abstract

On the Llanos Orientales basin, east of the municipality of Paz de Ariporo Casanare, a conceptual hydrogeological modeling is carried out in a study area of around 1,101 km2. This focuses on determining the dynamics of hydrogeological systems, based on secondary information such as thematic mapping, geoelectric prospecting, inventory of water points, calculation of potential recharge, pumping tests and hydrogeochemistry. The established methodology is based in the first instance on the collection of secondary information (plates, geophysical data, inventory of points, meteorological data and etc). Subsequently, a theoretical contextualization is carried out for the conceptual hydrogeological modeling. Then the analysis and interpretation of the information is carried out, to finally culminate with the discussion of conceptual hydrogeological modeling. In this way, there is a hydrogeological characterization that allows to detail the system itself, managing to identify eight hydrogeological units of quaternary age and two neogenic hydrogeological units (Fm Caja Aquifer and Fm Guayabo Aquifer). Likewise, the analysis of geoelectric information, inventory of water points, covering piezometry information and physicochemical parameters is exposed. In the same way, the calculation of the potential recharge is carried out, using the Shosinsky method, taking into account retention data, pluviometric infiltration and evapotranspiration of the plants, considering factors such as plant foliage, soil use and slopes. Regarding the information regarding hydraulics and hydrogeochemistry, secondary information is integrated in order to expose general characteristics of the hydrogeological units.

Taking into account the above, an area is determined, where the underground resource is used in an important way, considering the number of water points. The hydrogeological potential is important due to the resistivities found and the integrated hydraulic information, where moderate

to low productivity is exposed, associated with semi-confined to confined aquifers of the Quaternary Deposits and the Guayabo Formation. The response in resistivities for Quaternary Deposits and Neogene units is between 20 and 3020 Ohm / m. The behavior exhibited by each of the physicochemical parameters together with the piezometry contrast allows us to deduce a hydraulic connection between the springs and the rivers in the area, since they would be recharging from the immediate discharge of the springs. Similarly, in general trends, a recharge zone could be considered in the part of the foothills of the plains.

Keywords: Conceptual hydrogeological model, hydrogeological inventory, geoelectric, hydrogeological units, potential recharge, hydrogeochemistry.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado se encuentra dentro del marco de gestión, aprovechamiento y preservación de los recursos hídricos subterráneos. Es de suma importancia ya que el agua, como elemento vital para la subsistencia de cualquier ser vivo se debe cuidar y gestionar de la mejor manera posible, teniendo en cuenta, además, que su abastecimiento es vital para el desarrollo del ser humano en la sociedad.

Al costado Oriental de la cabecera municipal de Paz de Ariporo, Casanare, no se han realizado considerables trabajos que puedan esclarecer el contexto hidrogeológico de la zona, por lo tanto la investigación llevada a cabo, consistirá en el desarrollo de un modelo hidrogeológico conceptual que permita esclarecer las dinámicas de los sistemas hidrogeológicos, considerando información geológica, geomorfológica, inventario de puntos de agua, datos climáticos, información hidráulica, parámetros fisicoquímicos e hidrogeoquímica.

Para el desarrollo del trabajo se consideró una serie de pasos consistentes en actividades de recopilación de información y de su posterior análisis, definiendo entre otros, el modelo geológico, la delimitación de las unidades hidrogeológicas y sistemas acuíferos, las direcciones del flujo a partir del análisis de la piezometría y parámetros fisicoquímicos, la recarga potencial obtenida del balance hídrico, la geometría de los acuíferos mediante la interpretación de geoeléctrica y la composición hidrogeoquímica, mediante los diagramas Piper y Stiff, elaborando por último, el modelo hidrogeológico conceptual.

2. JUSTIFICACIÒN

Considerando el contexto actual frente a la demanda de los recursos hídricos, no solamente para los usos industriales, agrícolas y pecuarios, sino para la mera subsistencia de cualquier ser vivo, es fundamental conocer qué herramientas se tienen a disposición para poder gestionar correctamente el uso del agua. De igual manera, el conocimiento del patrimonio hídrico de la región, su dinámica y distribución sobre los sistemas tanto hidrológicos como hidrogeológicos, constituyen la base para la buena planificación del territorio y la toma de decisiones sobre el mismo, IDEAM (2018).

Herramientas como el modelamiento hidrogeológico conceptual, comienzan a tener relevancia para poder determinar el contexto hidrogeológico de la zona, sus dinámicas y el comportamiento del agua frente a los medios que rodea, mediante el uso de diferentes variables como la geología, geomorfología, inventarios de puntos de agua, hidráulica, geoeléctrica e hidrogeoquímica.

En ese sentido, el presente trabajo se centra principalmente en suplir la falta de conocimiento hidrogeológico en el Departamento de Casanare, mediante el uso en conjunto de un modelo hidrogeológico conceptual, que permita generar resultados tales como zonas de recarga y descarga del recurso, unidades hidrogeológicas que se comportan como buenos acuíferos, direcciones de flujo y el posible reconocimiento de fuentes de contaminación que puedan afectar la zona.

3. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

- Generar el modelo hidrogeológico conceptual para la zona Este del municipio de Paz de Ariporo, Casanare.

5.2 Objetivos específicos

- Revisar sistemáticamente la terminología para la fundamentación conceptual en el desarrollo de un modelo hidrogeológico.
- Recopilar información secundaria de geología, hidrología, hidrogeología y Geofísica, en entidades estatales como ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales), el SGC (Servicio Geológico Colombiano), el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) , la Corporación Autónoma de la Orinoquia (CORPORINOQÚIA), Planeación Municipal de los municipios de Paz de Ariporo y Hato Corozal y ECOPETROL
- Analizar la cartografía geológica e hidrogeológica para el desarrollo del modelo hidrogeológico conceptual.
- Analizar e interpretar datos geofísicos en modalidad de sondeos eléctricos verticales e información de inventario de puntos de agua subterránea para poder identificar las unidades hidrogeológicas existentes
- Identificar el comportamiento hidrodinámico y la capacidad de almacenamiento de agua de las unidades hidrogeológicas.
- Realizar el mapa de isopiezas y dirección del flujo de agua subterránea e identificar las potenciales zonas de carga y descarga.

- Estimar el potencial de recarga por medio del balance hídrico subsuperficial de la zona.
- Determinar el modelo hidrogeoquímico del agua subterránea del área de estudio.

4. LOCALIZACIÓN

La zona de estudio se localiza en el límite del flanco Oriental de la Cordillera Oriental de Colombia, más precisamente al Este de la cabecera municipal de Paz de Ariporo, Casanare, entre las zonas rurales de este municipio y de Hato Corozal. Comprende un área de 1.101,61 km^2, ubicada en las coordenadas del sistema de Magna Sirgas Bogotá $X_{máx\ (E)=}$ 1.302.730,62 m, $X_{min\ (E)=}$ 1.223.223,17 m, $Y_{máx\ (N)=}$ 1.172.778,22 m, Y_{min} (N)= 1.121.660,62 m. (*Figura 1*).

Las vías de acceso principales a zona de estudio es la vía Marginal del Llano que viene desde Yopal, y las carreteas veredales que se extienden entre los municipios de Alto Corozal Paz de Ariporo.

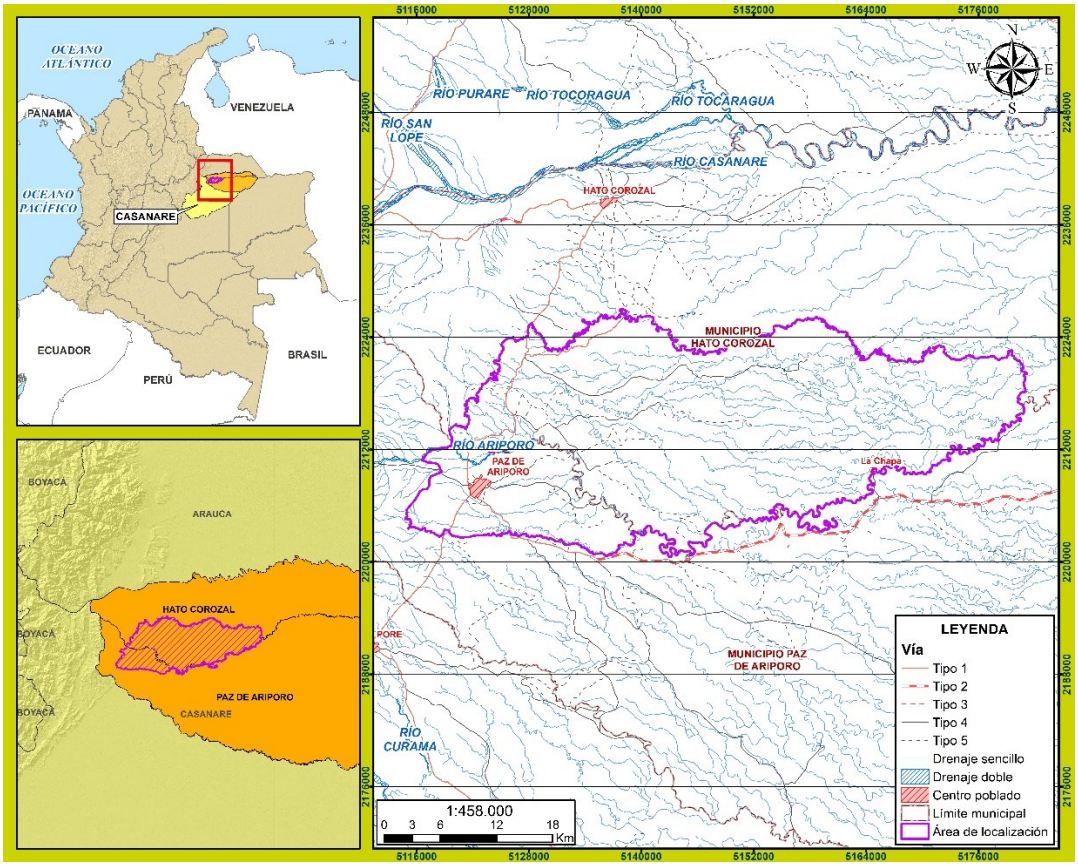


Figura 1. Localización del área de estudio. Fuente: Autor.

5. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del modelo hidrogeológico conceptual en el área de estudio, se continúa con las siguientes fases del trabajo:

5.3 Fase I-Recopilación de información secundaria.

La primera fase radicó principalmente en la recopilación de información secundaria; datos geológicos, hidrogeológicos, geoeléctricas, meteorológicos, hidráulicos e hidrogeoquímicos que fueron necesarios para poder llevar cabo el modelo hidrogeológico conceptual. Las fuentes de revisión se centraron principalmente en entidades estatales como ANH, la ANLA, el IDEAM, el SGC y CORPORINOQUÍA.

5.4 Fase II-Fundamentación teórica.

Se debe considerar cuales son los pasos necesarios para el desarrollo del modelo hidrogeológico conceptual. Esta información incluye los siguientes insumos, aplicados con base a la metodología de exploración y evaluación de aguas subterráneas, planteada por el Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS en el año 2004, hoy actualmente el Servicio Geológico Colombiano. (*Figura 2*)

- Modelo Geológico Básico (tipo y características de las rocas)
- Modelo hidrológico (recarga potencial)
- Modelo Hidráulico (parámetros hidráulicos, niveles y direcciones de flujo)
- Modelo Geofísico (geometría de los acuíferos)
- Modelo hidrogeoquímico (tipo de agua subterránea almacenada en los acuíferos)

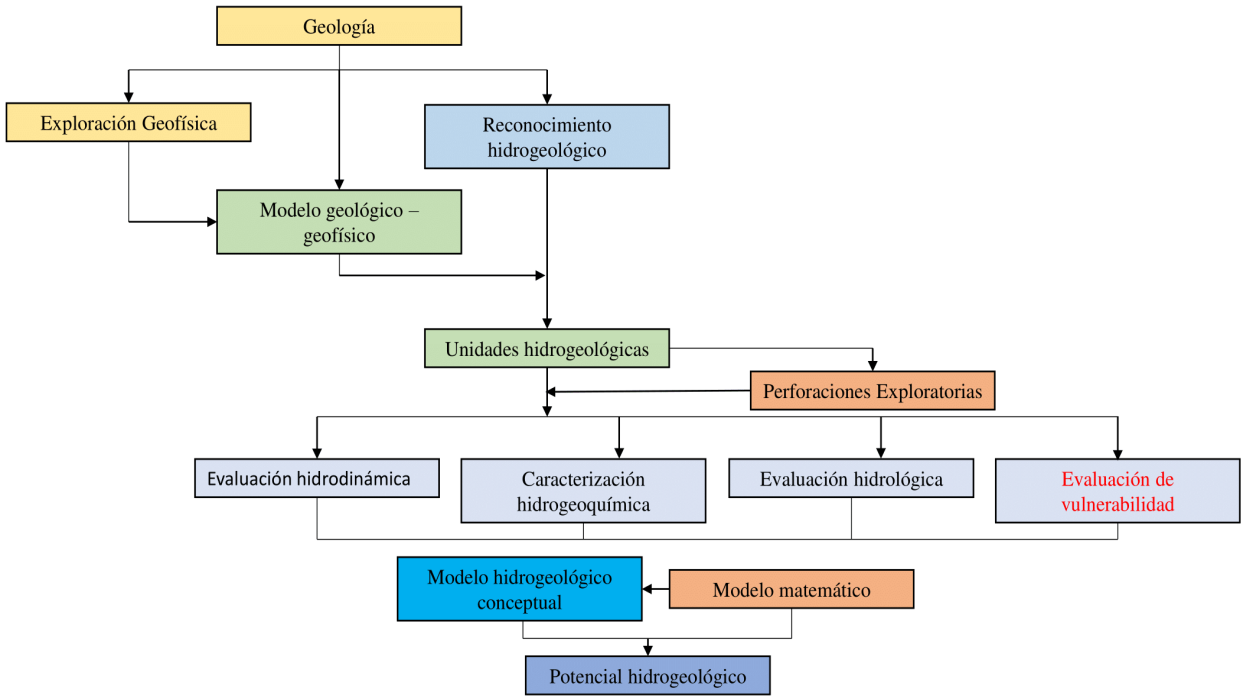


Figura 2. Flujograma conceptual de exploración hidrogeológica. Tomado de INGEOMINAS, 2004.

5.5 Fase III-Validación de la información recopilada.

La siguiente fase fue la validación de la información; en este sentido se tiene en cuenta todos los datos que se obtuvieron en la recopilación de información como puntos de agua subterránea, sondeos eléctricos verticales, precipitación, cartografía geológica, parámetros físicos y químicos de agua subterránea, entre otra información.

5.6 Fase IV-Análisis de la información.

En esta fase se realizó el análisis de los datos recolectados y la presentación de los mismos. En primera instancia se buscó definir el modelo geológico básico mediante dos aspectos a considerar; primero se determina los tipos de rocas que se encuentran en el área de estudio, por

medio de una actualización cartográfica 1:100.000. Luego, se continúa con la aplicación de la SEVs, para poder establecer la geometría y una delimitación de las unidades hidrogeológicas.

Posteriormente, se procede en el análisis de la información hidrogeológica, mediante el reconocimiento del inventario de puntos agua (pozos, manantiales, aljibes y jagüeyes) y parámetros fisicoquímicos medidos en campo. Asimismo, se continúa con el estudio de los datos climáticos obtenidos a partir de las estaciones meteorológicas que dan información de precipitación y temperatura. Todo esto con el fin de llevar a cabo un balance hídrico que permita averiguar la potencialidad de recarga, las direcciones de flujo y el comportamiento de isovalores interpolados en el área de estudio.

Además, se lleva a cabo la interpretación de los parámetros hidráulicos, teniendo en cuenta pruebas de bombeo, para conocer la permeabilidad, coeficiente de almacenamiento, caudales, capacidad específica y transmisividad. Por último, el análisis de los datos hidrogeoquímicos atendiendo procesos y tipos de agua subterránea.

5.7 Fase V-Modelo hidrogeológico conceptual

Teniendo como base los insumos requeridos para el modelo hidrogeológico conceptual, se procede con la discusión, la presentación de resultados y finalmente las conclusiones, donde se expone la interacción de los diferentes componentes de acuerdo a la caracterización hidrogeológica de la zona.

En la *Figura 3* se presenta el flujo grama de la metodología aplicada para el desarrollo del presente trabajo de grado.

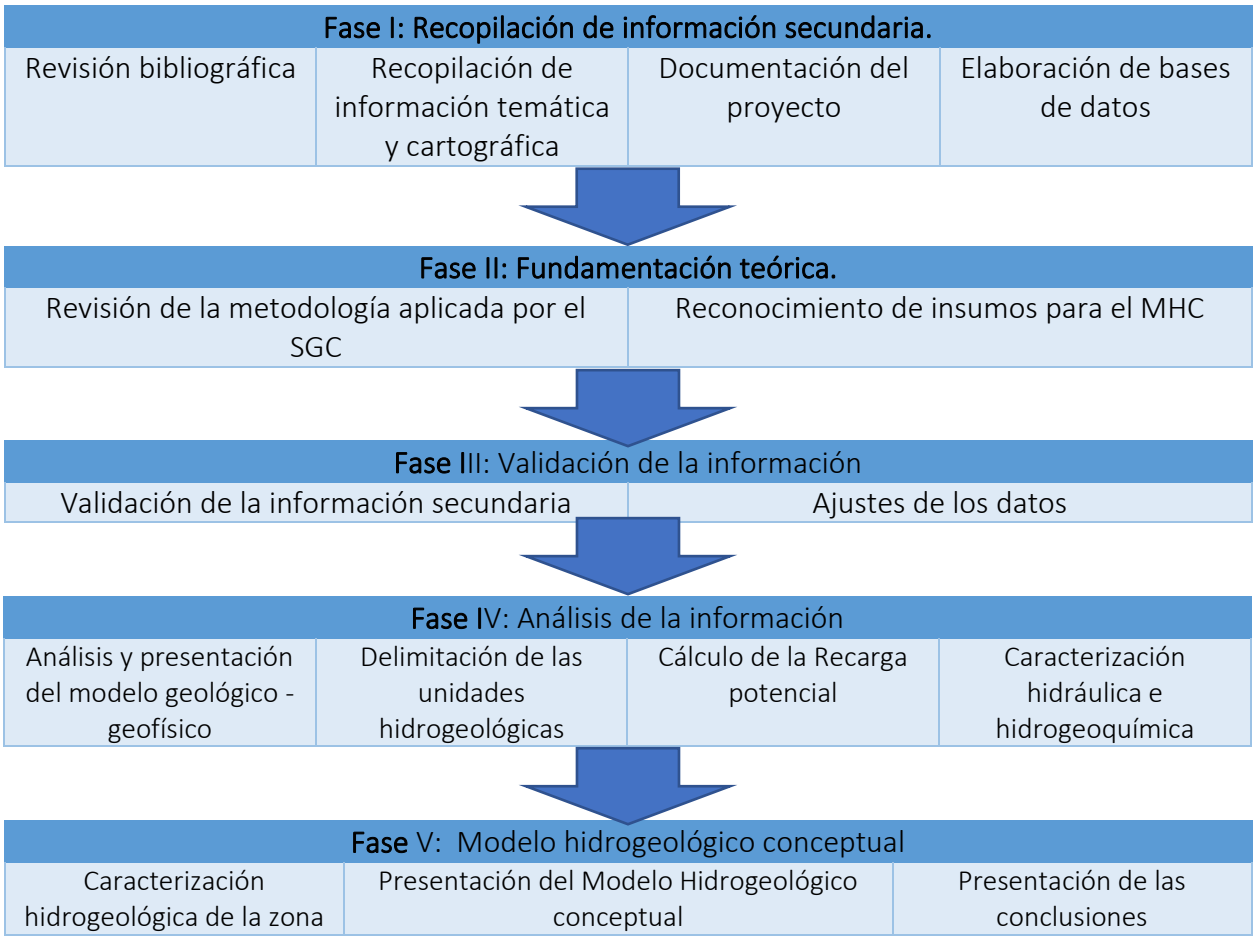


Figura 3. Metodología.

6. ANTECEDENTES

Para el área en cuestión no existen estudios hidrogeológicos detallados ni semi detallados, la única información hidrogeológica existente es la recopilada por las operadoras petroleras y mineras para sus diferentes licenciamientos ambientales, es por esto que, el modelo hidrogeológico conceptual llevado a cabo en la zona de estudio se basa principalmente en datos obtenidos de los estudios de impacto ambiental EIA, realizado para la exploración de hidrocarburos de los bloques Llanos 9 y Llanos 14.

Estos estudios contienen información hidrogeológica de sondeos eléctricos verticales, inventario de puntos de agua, parámetros hidráulicos, hidrogeoquímica. Esta información se toma como información base, la cual se analizó y actualizó con el fin de contextualizar de una mejor manera la situación presente, trayendo así mismo nuevos datos y aplicando procedimientos recientes que no fueron de alcance en el estudio anterior. Es muy importante resaltar que la información base de los EIA se extrajo de los documentos consultados en los expedientes 3117 (Llanos 9) y 0500 (Llanos 14) dispuestos en la ANLA.

Asimismo, el Servicio Geológico Colombiano, SGC, en cercanías al área de estudio realizó una caracterización hidrogeológica en el municipio de Yopal, donde se obtuvo información de inventario de puntos de agua subterránea, pruebas de bombeo, cartografía geológica e hidrogeológica, prospección geoeléctrica e hidrogeoquímica con el fin de realizar el Modelo Hidrogeológico conceptual.

De igual manera, CORPORINOQUÍA realizó el POMCA del río Ariporo, el cual define la potencialidad de las rocas para almacenar y transmitir el agua subterránea, de acuerdo con los términos de referencia especiales para este tipo de plan de manejo. El área del POMCA incluiría el área de la tesis.

7. MARCO DE REFERENCIA

7.1 Marco teórico

Como se comenta anteriormente, el objetivo principal de la tesis de grado es la elaboración del modelo hidrogeológico conceptual, el cual implica la compilación de información necesaria para su desarrollo. Principalmente se centra en la línea de investigación exploratoria y descriptiva, ya que busca entender el comportamiento del agua subterránea a partir de la caracterización hidrogeológica.

El modelo hidrogeológico conceptual está basado brevemente en la síntesis de las condiciones básicas del estado y dinámica de las aguas subterráneas en el subsuelo y sus relaciones con el comportamiento hidrológico superficial, de acuerdo a la información geológica, hidrológica, hidráulica e hidrogeoquímica del lugar, por tal motivo, es pertinente tener claro los siguientes conceptos:

- **Modelo geológico básico**

Una de las principales tareas que se tiene para la elaboración del modelamiento hidrogeológico conceptual es desarrollar un modelo geológico básico, el cual es base fundamental para poder entender todo el sistema dinámico del lugar. Primero se debe tener una descripción geológica general, continuando posteriormente con la identificación de las unidades geológicas y el reconocimiento de las características litológicas de las rocas a nivel detallado, esto con el fin de evaluar la delimitación de las unidades con potencial hidrogeológico. También se identifica la parte estructural, pues como es bien sabido, las fallas y los pliegues afectan el comportamiento del sistema mismo.

- **Balance hídrico**

A partir del balance hídrico se puede estimar de forma cuantitativa los recursos hídricos y algunos factores que influyen de la parte antrópica. Además, se evalúa el valor de ETP partir del método de Thornwaite, el cual es un método bastante sencillo que se utiliza sabiendo las temperaturas máximas y mínimas de las estaciones ubicadas en el lugar.

- **Prospección geoeléctrica**

Método de prospección geofísica que, mediante la resistividad eléctrica de los sedimentos y rocas, permite definir su grado de saturación preliminar. Específicamente, por ser una zona con una topografía tan plana, se realizaron SEVs (Sondeos eléctricos verticales) con el fin de buscar las unidades que se comporten como almacenadoras y transmisoras de agua. El método parte de la base teórica de la resistividad eléctrica, el cual consiste en inducir corriente por todo el subsuelo, a partir de un electrodo distribuido de manera determinada. El resultado que se genera es una curva en función de resistividades y distancias, cuya finalidad es facilitar la interpretación de las capas, de acuerdo a las características litológicas de las unidades geológicas.

El método se realiza en superficie midiendo de manera sistemática las resistividades aparentes de los distintos estratos del suelo, aplicando una corriente eléctrica continua mediante dos electrodos que se encuentran a diferentes longitudes desde el centro (*Figura 4*). Esto tiene sus variantes ya que, al ubicar a mayor distancia, los electrodos desde el centro, el flujo se va direccionar más hacia lo profundo, midiendo de esta manera un diferencial de potencial a partir de la corriente inducida que se transporta entre las distintas capas del subsuelo. Auge (2008)

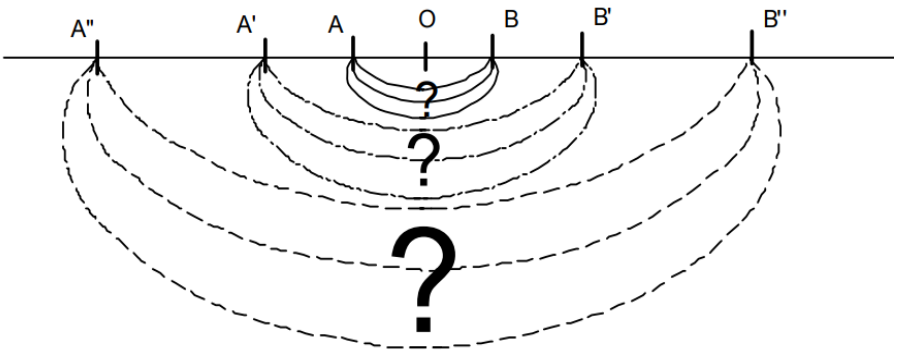


Figura 4. Arreglo de Calicatas y electrodos.

De manera que las resistividades que se obtienen, corresponderían a diferentes capas geológicas con distintas profundidades, que se compararían con la geología de la zona, para poder inferir de una mejor manera los valores de resistividad típicos de las rocas, sedimentos y fluidos que se encontrarían en la corteza terrestre.

Las distintas resistividades específicas que se calculan, corresponden a otras tantas capas geológicas, cuya profundidad se puede determinar al igual que su litología. Aunque existen datos de valores de resistividad típicos para algunas de las rocas, sedimentos y fluidos que se encuentran más frecuentemente dentro de la corteza terrestre, estos valores pueden variar localmente dependiendo especialmente de la calidad del agua de los acuíferos (*Tabla 1*).

Tabla 1. Resistividades de acuerdo a las rocas y sedimentos. Tomado y modificado de Astier (1975).

ROCAS O SEDIMENTOS	RESISTIVIDAD(Ohm/m)
Arcillas y arcillolitas	2 – 15
Arena seca	>1000
Arena saturada con agua dulce	20-150
Arena saturada con agua salobre	5 - 15
Arena saturada con agua salada	< 5
Grava saturada con agua dulce	50-300
Arenisca con agua dulce	30 - 50
Caliza porosa con agua dulce	< 500
Caliza compacta	> 500
Roca ígnea o metamórfica fracturada saturada con agua dulce	200 - 1000
Roca ígnea o metamórfica maciza	> 1000

- **Inventario de puntos de agua subterránea.**

La información de inventario en este caso, trata específicamente sobre el trabajo que se realizó con base en la búsqueda de puntos de agua. En sentido estricto, los puntos de agua son captaciones que se realizan de forma directa en forma técnica o artesanal (pozos, aljibes y manantiales), con el fin de conocer información de cualquier tipo, ya sea saber la ubicación geográfica, el uso que se le da al agua, nivel piezométrico, profundidad, caudal, datos físicos del agua, entre otros (*Figura 5*). Por lo tanto, el desarrollo de este ejercicio de campo es sumamente fundamental, ya que es el primer paso para conocer cómo es el comportamiento hidrodinámico de las unidades hidrogeológicas.

Ya teniendo lo anterior claro, se puede comparar información con los datos geoeléctricas para poder corroborar cuales son las unidades que almacenan y transmiten agua y las que en definitiva son capas totalmente impermeables.

Luego como producto final se realiza un mapa de isopiezas para poder conocer de forma georreferenciada las zonas de carga y descarga, posibles puntos de contaminación de agua e información pertinente para el conocimiento hidrogeológico de la zona.

Figura 5. Tipos de puntos de agua. **A, B** Pozo y aljibe. Tomado de EIA (Llanos 14). **C,** Manantial. Tomado de FUNDACIÓNAQUAE (s.f.)

- **Parámetros Hidráulicos:**

El modelo hidráulico tiene como objetivo conocer las propiedades y parámetros hidráulicos que se obtienen a partir de pruebas de bombeo, los cuales son necesarios para todo lo referente al acuífero. Una prueba de bombeo consiste en bombear un pozo que esté perforado en el acuífero en una serie de tiempo y a un determinado caudal, con el fin de medir la evolución del nivel piezométrico debida al abatimiento, tanto en el mismo pozo de bombeo como en los

piezómetros cercanos, si los hay. A partir del comportamiento de los niveles de abatimiento, la distancia entre los pozos de observación, el pozo bombeado y el caudal de bombeo, se puede obtener información sobre las características del acuífero, como son: su conductividad hidráulica, capacidad específica y coeficiente de almacenamiento. (Perdomo & Rojas; 2017)

7.2 Estado del arte

En la presente investigación se tomaron en cuenta dos aspectos en específico. Por una parte, se recopila información general del proyecto, basado en información de la ANLA, el IDEAM y la Corporación Autónoma del Orinoquia en el POMCA del río Ariporo.

Por otra parte, se tomaron trabajos realizados correspondientes a la modelación hidrogeológica conceptual realizada por el Servicio Geológico Colombiano, en donde se extrajo generalidades importantes que sirven como apoyo en la ejecución de este trabajo.

A continuación, se hace una breve relación de los estudios consultados:

- De la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA, en los expedientes 3117 y 0500 pertenecientes a los EIAs de los bloques petroleros Llanos 9 y Llanos 14 se extrajo la información hidrogeológica base como, sondeos eléctricos verticales, inventario de puntos de agua subterránea, pruebas de bombeo y análisis de agua subterránea.

- En la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia, se especifica que, en la zona del piedemonte llanero hay alrededor de 152.000 km^2 de reserva de agua subterránea, de los cuales 0,685 km^3 serìan recursos dinámicos.

- El IDEAM, en el Estudio Nacional del Agua realizado en el 2018, hace una revisión general del estado de las aguas subterráneas del país, agregando de manera sistematizada nuevos estudios conceptuales que identifican zonas potenciales de recarga, sistemas acuíferos regionales y locales. En lo que respecta con la zona de estudio, lo más cercano que se puede tener referencia es el sistema acuífero de Yopal-Tauramena (sector Maní), el cual comprende un área de 17.446 km^2 y contiene información de puntos de agua (530 pozos y 841 aljibes), geoeléctrica, hidráulica e hidrogeoquímica.

- CORPORINOQUÍA realiza el POMCA del Río Ariporo, definiendo la gestión del recurso hídrico de la zona, tanto en recursos superficiales y subterráneos, planeando el uso coordinado del suelo, de las aguas y el manejo de la cuenca hidrográfica. En relación con las aguas subterráneas y la hidrogeología de la zona de estudio, este plan de manejo presenta información referente a la caracterización hidrogeológica de las unidades geológicas y algunos indicadores de inventario de puntos de agua subterránea.

- El Servicio Geológico Colombiano, en su Modelo Hidrogeológico Conceptual del municipio de Yopal, plantea una investigación hidrogeológica en escala regional (1:100.000), determinando entre otros, usos y usuarios del agua subterránea, un modelo geofísico, la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, el modelo hidrogeológico conceptual en sí, entre otros.

8. GEOLOGÍA

8.1 Geología Regional

El área estudio se encuentra localizada en el flanco Oriental de la cordillera Oriental de Colombia, sobre la cuenca de los Llanos Orientales. Limita al Norte con la frontera Colombo-venezolana, en el límite sur se extiende el Arco Vaupés, el Alto de la Macarena y las rocas metamórficas del Rio Guaviare, al Este limita con las rocas precámbricas del Escudo Guyana y al Oeste, se localiza la Cordillera Central de Colombia, junto al Valle de Rio Magdalena. ANH (2007).

El origen de la cuenca, se da como consecuencia de un contexto transpresional propio de una Orogenia Paleozoica, cuyo proceso generaría una cuenca afectada por fallamiento normal y una depositación de sedimentos marinos someros. (Ecopetrol & Beicip, 1995). Más tarde en el Mesozoico temprano ocurre una evolución tectónica de tipo intra-arco debido a esfuerzos extensionales relacionada a un arco magmático de subducción, donde se depositan sedimentos de ambientes fluviales. (Cooper et al., 1995; Kluth et al, 1997).

Más adelante en el Cretácico, la cuenca se vería afectada por un régimen transpresivo que permitiría el levantamiento de la Cordillera Central y la conformación de una mega cuenca ante-arco, la cual se fragmentaria en el Cenozoico gracias a esfuerzos compresionales. La formación de la Cordillera Oriental en el Paleógeno se daría como consecuencia del contexto anterior, generando una cuenca ante-arco en donde se continuarían depositando sedimentos continentales durante el Neógeno. (Horton *et al.,* 2010)

Las unidades aflorantes en la zona se componen de acuerdo a la estratigrafía del Piedemonte Llanero y la Cuenca sedimentaria de los Llanos Orientales. En cada una de las zonas respectivas se tienen diferentes unidades secuenciales que se explicarán a continuación:

8.2 Cuenca sedimentaria del Piedemonte Llanero

- **Formación Diablo:** Nombre dado por Valencia, E. 1938 (En Van Der Hammen, 1960), unidad geológica compuesta principalmente por areniscas cuarzosas verdes con un tamaño de grano de fino a grueso, estratificada con arcillolitas grises claras. Tiene un espesor 1.190 metros, infrayacida por la Formación San Bernardo y suprayacida por la Formación Caja. Su edad se considera entre el Mioceno inferior y Mioceno medio.

- **Formación Caja:** Descrita originalmente por Valencia E, 1938, (en Van der Hammen, 1960). Unidad con un espesor de alrededor de 2.500 metros, la cual consta de limolitas y arcillolitas rojizas, con algunas intercalaciones de areniscas rojizas, de tamaño de grano fino a medio. Se dice que se depositó bajo unas condiciones marinas de plataforma, con una zona de oleaje para la parte inferior y pantanosa. Su edad se estima que está entre el Mioceno Medio a Pleistoceno. Los contactos están definidos de acuerdo a la Formación Diablo, la cual es concordante y se encuentra en la parte inferior de la Formación Caja, por otra parte, suprayacida está la Formación Corneta, la cual es discordante.

- **Formación Corneta:** Nombre propuesto inicialmente por Ulloa y Rodríguez (1976), unidad litoestratigráfica que se define a partir de una serie de Gravas estratificadas con

limolitas aflorantes. Su espesor de estima que es de alrededor de 800 metros. La unidad de estima que es del Pleistoceno Superior.

- **Depósitos Cuaternarios (Q):** Sedimentos de edad reciente que se han depositado sobre las rocas más antiguas. Se componen por sedimentos de origen coluvial y fluvial, por lo general contienen gravas, arenas, limos y arcillas

8.3 Cuenca Sedimentaria de los Llanos Orientales

- **Formación Guayabo:** El nombre es dado por Notestein *et al* (1944) el cual es debido al Cerro Guayabo en Venezuela. Se divide en dos unidades; la unidad superior (S) con predominio de areniscas y una inferior (i) con predominio limolitas y arcillolitas con intercalaciones de areniscas. El color más notorio es pardo a gris claro con algunos horizontes de arcillas verdes y abigarradas. La formación tiene un espesor aproximado de 1.200 metros y el ambiente de depositación es deltaico. La edad predominante es Mioceno hasta posiblemente el Plioceno.

- **Depósitos Cuaternarios (Q):** Al igual que en la cuenca anterior, estos sedimentos se han depositado sobre las rocas más antiguas, componiéndose por lo general de gravas, arenas, limos y arcillas, asociadas a ambientes coluviales y fluviales.

En la *Figura 6* se indica la columna estratigráfica generalizada para la cuenca de los Llanos Orientales.

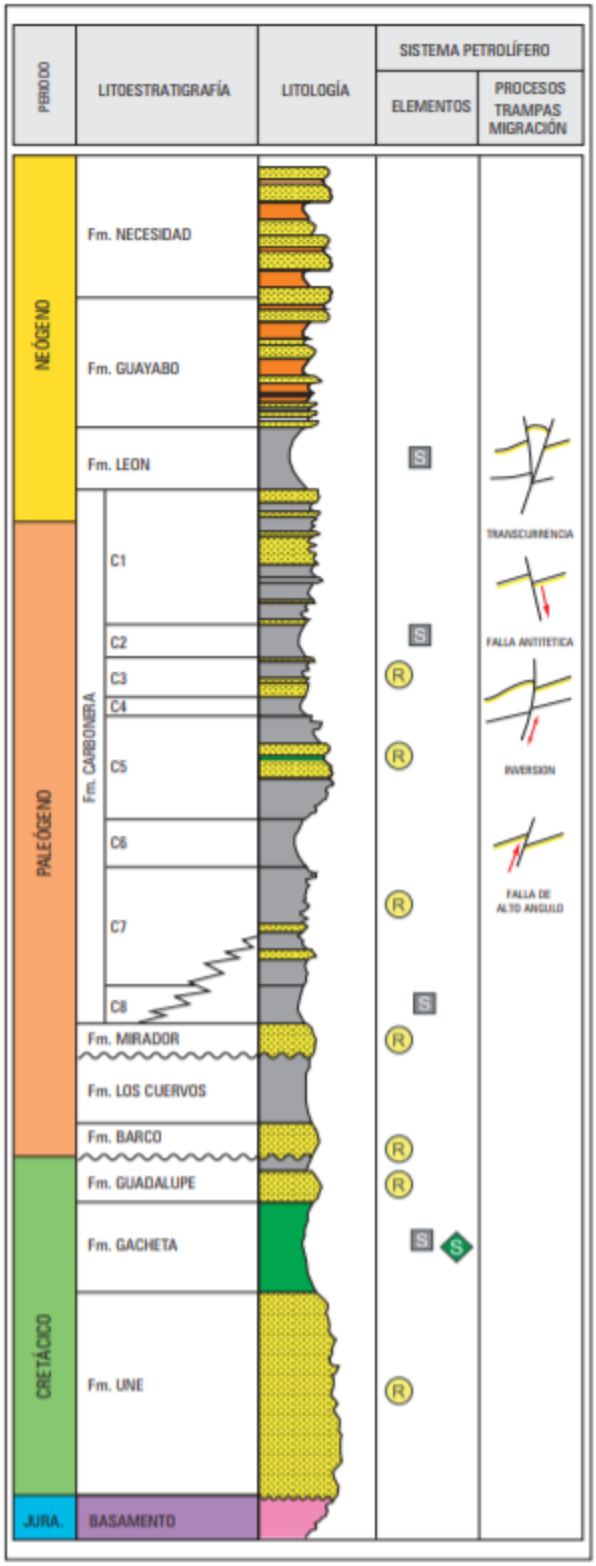


Figura 6. Columna estratigráfica generalizada de la Cuencas de los Llanos. Tomado de la ANH

8.4 Geología local

Según la información secundaria del EIA de Llanos 9 y Llanos 14, para el área de estudio afloran las siguientes unidades geológicas:

8.4.1 Formación Guayabo (N-sc)

La Formación Guayabo no aflora en el área de estudio, pero si se localiza de manera indirecta por medio de la información Geoeléctrica. Se localiza por toda el área de estudio y se caracteriza por tener una gran extensión y variadas facies sedimentarias. Su litología está dada principalmente por paquetes de areniscas y conglomerados con intercalaciones de niveles de limolitas y arcillolitas. Se considera una de las unidades geológicas más importantes ya que representa el acuífero con mayor potencial hidrogeológico.

8.4.2 Formación Caja (E3N1-stm)

La formación Caja se presenta hacia el sector oeste del área de estudio, como franjas de sentido noreste-suroeste, haciendo parte del flanco oriental del sinclinal de Zamaricote y en el núcleo del anticlinal de Corozal. Está compuesta por areniscas cuarzosas con grano fino a medio, de forma subredondeado y un color gris a rojizo. Presenta una permeabilidad moderada a baja.

8.4.3 Formación Corneta (N2Q1-Sc)

Esta formación se presenta como franjas de sentido noreste-suroeste al Oeste del área de estudio, haciendo parte del flanco oriental de anticlinal de Corozal y como parte del cerro el Morro al norte del casco urbano de Paz de Ariporo.

La Formación Corneta está conformada por conglomerados polimìcticos con clastos de chert, fragmento de areniscas cuarzosas embebidos en una matriz areno limosa, su tamaño varía de algunos centímetros hasta métricos, no presentan imbricación, se presenta en estratos potentes, que alcanzan a llegar a tener hasta 2 metros de espesor. Al igual que las dos unidades descritas anteriormente, esta unidad presenta permeabilidad moderada, no obstante, esta unidad no se incluyó en el presente análisis hidrogeológico.

8.4.5 Depósitos Cuaternarios

Estos sedimentos son los de mayor extensión en la zona de estudio y, por ende, los de mayor importancia, ya que cubren mayoría del área de estudio. Estas unidades geológicas contienen la mayor información secundaria usada para el análisis hidrogeológico, como los sondeos eléctricos verticales, el inventario de puntos de agua subterránea, las pruebas de bombeo y los análisis de laboratorio.

- **Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al)**

Pertenecen a los depósitos de llanura aluvial de los Llanos Orientales, la cual ha sido depositado por la dinámica fluvial del propio lugar. Se representa como sedimentos de poca consolidación, compuestos por arcillas masivas con plasticidad media y limos de color rojo pálido, con intercalaciones de arenas de cuarzo con gris, con tamaños de grano de medio a fino.

- **Depósitos de Abanicos Aluviales Antiguos (Q1-ca)**

Se representan como la unidad que se encuentran en los altos escarpes que terminan en superficies de gran amplitud. Se caracterizan por presentar hacia el techo, estratos en forma de

canal de conglomerados matriz soportados a clasto soportados, los clastos se encuentran compuestos por fragmentos de areniscas cuarzosas muy duras y pueden alcanzar los 70 centímetros de diámetro, la matriz varía de arenosa a areno-limosa.

- **Depósitos de Abanicos Aluviales Recientes (Q2-ca)**

Son depósitos de baja consolidación, los cuales se presentan en su mayoría paralelos a los cauces de los caños y ríos del área de estudio, se diferencian de los depósitos descritos anteriormente por su altitud relativa más baja y por su menor consolidación, además por la presencia menor de conglomerados. Se componen por intercalaciones de arenas de cuarzo con tamaño de grano medio a fino, con forma subredondeada de baja esfericidad, también se presentan estratos de gravas con clastos de cuarzo y arenas cuarzosas, cuyo tamaño no supera los 40 centímetros de diámetro y estratos de arcillas y limos de color rojizo de baja plasticidad.

- **Depósitos de Cauce Actual (Q-al):**

Depósitos asociados a la actividad reciente de algunos ríos y quebradas del área de estudio, siendo los más importantes y cartografiables las terrazas de los ríos Ariporo, Muese y Guachiria y las terrazas de la Quebrada Seca en la Vereda La Mesa. Se componen de gravas matriz soportadas con tamaños no mayores a los 50 centímetros, cuyos clastos son de areniscas muy compactas, embebidos en una matriz areno-limosa, intercaladas con arenas de cuarzo con tamaño de grano medio a fino, limos y arcillas de plasticidad media; su espesor se estima no mayor a los 10 metros.

- **Depósitos de Coluviones (Q-co):**

Son sedimentos depositados al pie de laderas con pendientes relativamente altas, en general son depósitos residuales de la Formación Corneta y de los Depósitos de Abanicos Aluviales Antiguos. Se componen de gravas matriz soportadas mal seleccionadas, los clastos son de tamaños variables, no mayores a los 30 centímetros de diámetro, la matriz es arcillosa de color rojizo. Este depósito también se compone de limos y arcillas de color rojizo de muy baja plasticidad.

- **Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-al):**

Son sedimentos depositados paralelos a las márgenes de los ríos Ariporo, Aricaporo, Chire, Guachiria, Muese y Tate, en las quebradas La Grande y Morichal y en los caños Maraure, Fique, Matadero, Sofragua y Canaure, asociados a la divagación de sus cauces, en la cual depositan de acuerdo a la energía, sedimentos finos a gruesos. Estos depósitos son sedimentos poco consolidados, compuestos por limos y arcillas de color rojizo de baja plasticidad, en algunos sectores se presentan intercalaciones de arenas de cuarzo con tamaño de grano medio a muy fino y esporádicamente lentes de gravas con clastos no mayores a los 10 centímetros.

8.5 Geología Estructural

De acuerdo a los diferentes eventos de levantamiento tectónico de la Cordillera Oriental, se han generado fallas y plegamientos que pueden llegar a ser importantes en el momento de hacer el modelo hidrogeológico conceptual, pues pueden interferir en las condiciones hidrodinámicas de lugar. Las estructuras predominantes para la zona de estudio son las siguientes:

- **Falla de Ariporo**

De acuerdo con INGEOMINAS (1985), la Falla de Ariporo es una falla activa cabalgante que delimita el Borde Llanero, con la Cordillera Oriental, en la zona aparece también con movimiento de rumbo sentido Noreste – Suroeste, el cual afecta de manera efectiva las rocas de las Formaciones Caja y Corneta y también los Depósitos de Abanicos antiguos.

En la *Figura 7* se observa el mapa geológico teniendo en cuenta las unidades aflorantes en la zona de estudio, no obstante, en el **Anexo 1**, el mapa geológico está a mayor detalle.

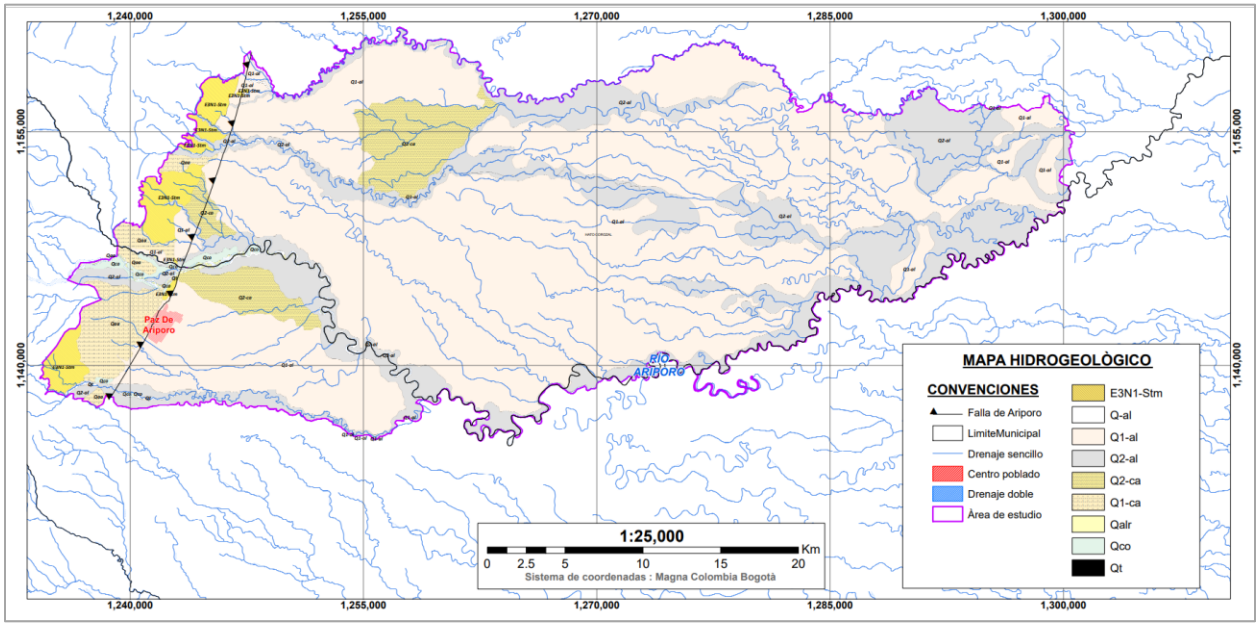


Figura 7. Mapa geológico del área de estudio. Tomado y modificado del EIA de Llanos 9 y Llanos 14.

9. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología es la ciencia que estudia de manera estructurada las formas del terreno, la génesis y su evolución a través del tiempo, los materiales que constituyen las geoformas y la explicación de los agentes y procesos geomorfológicos modeladores, que se encargan de esculpir y modelar la superficie terrestre de manera rápida o lenta, SGC (2012). Específicamente en el área del estudio se presentan geoformas que han sido modeladas por diversos agentes geomorfológicos, siendo estos de tipo acumulativo, denudacional y estructural. Todos estos procesos son como respuesta al levantamiento de la Cordillera Oriental y la posterior depositación de la cuenca de los Llanos orientales.

9.1 Unidades geomorfológicas

La jerarquización geomorfológica propuesta por (Carvajal, 2008) relaciona las escalas de trabajo con la subdivisión geomorfológica, la génesis y los ambientes morfogenéticos. Las categorías definidas de escala mayor a menor son: Zona Geoestructural, Provincia Geomorfológica, Región Geomorfológica, Unidades y subunidades geomorfológicas y componente geomorfológico. Las unidades y subunidades geomorfológicas, que representa las geoformas del terreno puedan ser claramente diferenciadas a una escala media (escala 1:25.000 a 1:50.000), estas se describen a partir de la Morfogénesis o análisis del origen de las diferentes unidades, la morfografía o análisis de las formas de las laderas y las morfoestructuras o análisis de las formas de tipo estructural. Para ello se tiene en cuenta algunos parámetros como el relieve relativo, rugosidad del terreno, índice de inclinación de ladera, longitud de ladera, forma de ladera y formas de cresta y de valle. En este caso los parámetros que se tuvieron en cuenta son el índice de inclinación y el análisis del terreno mediante imágenes satelitales y DEM.

En la *Figura 8* se observa el mapa de pendientes, donde se determinan dos generalidades principalmente; en primera instancia se tiene una zona occidental con pendientes de grado alto de alrededor de 30 a 40 grados de inclinación, las cuales son derivadas a partir del área de influencia de las Fallas de Ariporo. También cabe mencionar que el relieve es pronunciado debido a influencia de ambientes denudacionales que son resultado del modelado propio del terreno. Por otro lado, se puede observar una homogeneidad en la parte central y oriental en la zona de estudio, ya que se determina pendientes planas a suavemente inclinadas, de <5 grados aproximadamente, estas son características de acuerdo a las planicies con influencia fluvial de los Llanos Orientales.

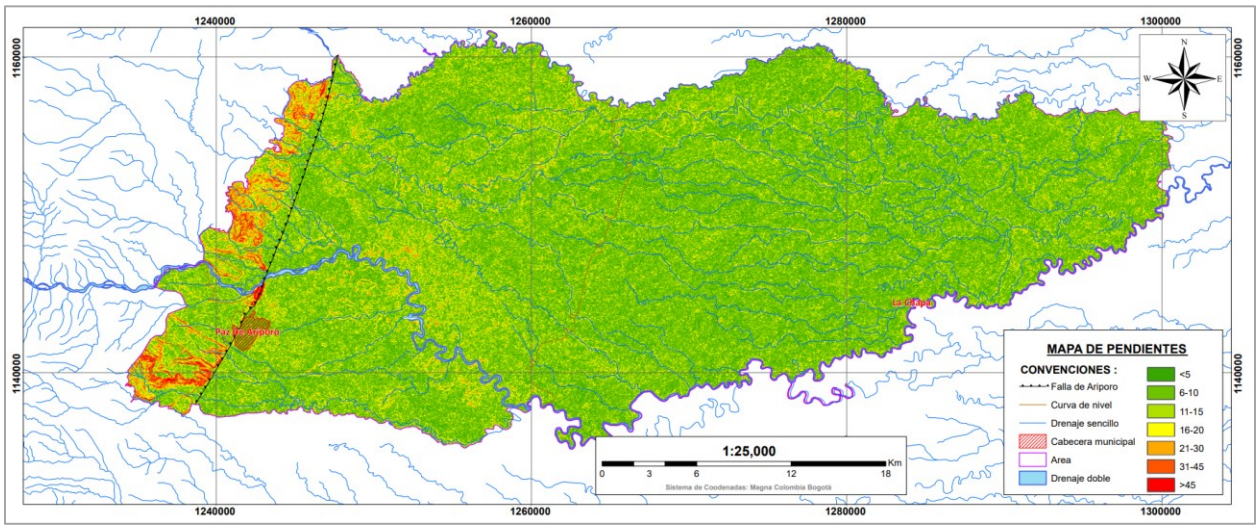


Figura 8. Mapa de pendientes en grados. Fuente: Autor

Otro aspecto a tener en cuenta es el análisis de la imagen satelital Landsat de Google y del modelo de elevación digital del terreno (DEM), ya que se pudo determinar los siguientes ambientes que intervienen en el sector: 1. Estructural – Denudativo (S) de color purpura, 2. Fluvial (F) de color celeste y gris claro. 3. Denudativo (D) de color café pálido. (*Figura 9*)

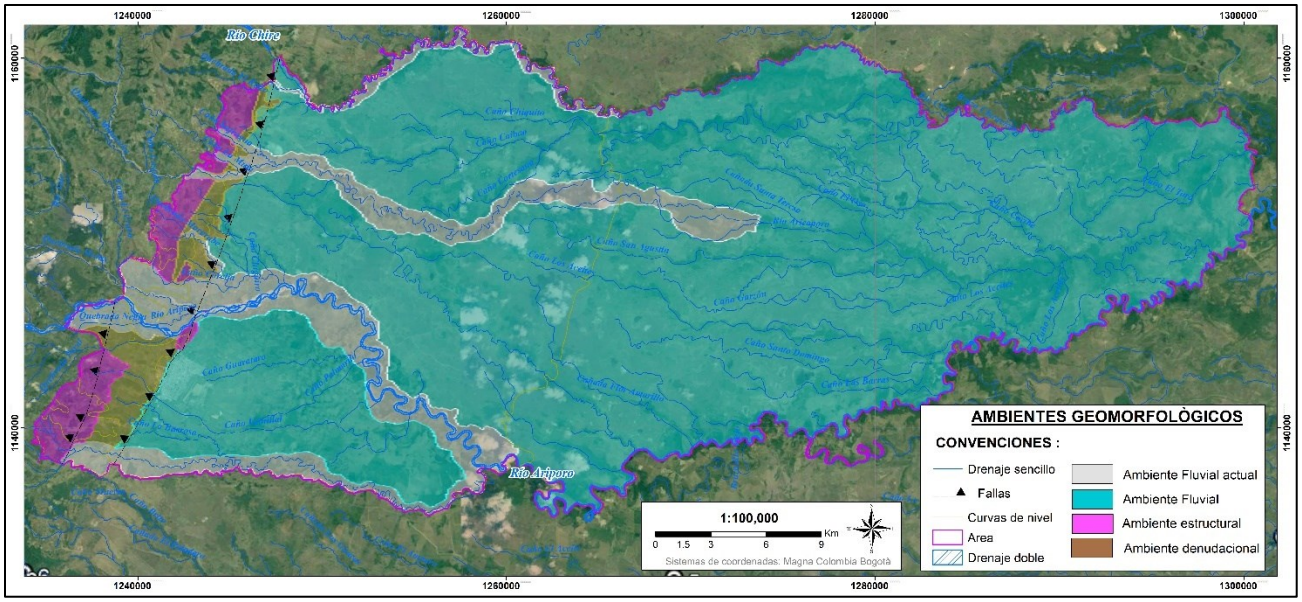


Figura 9. Ambientes geomorfológicos. Fuente Imagen: Satélite Landsat.

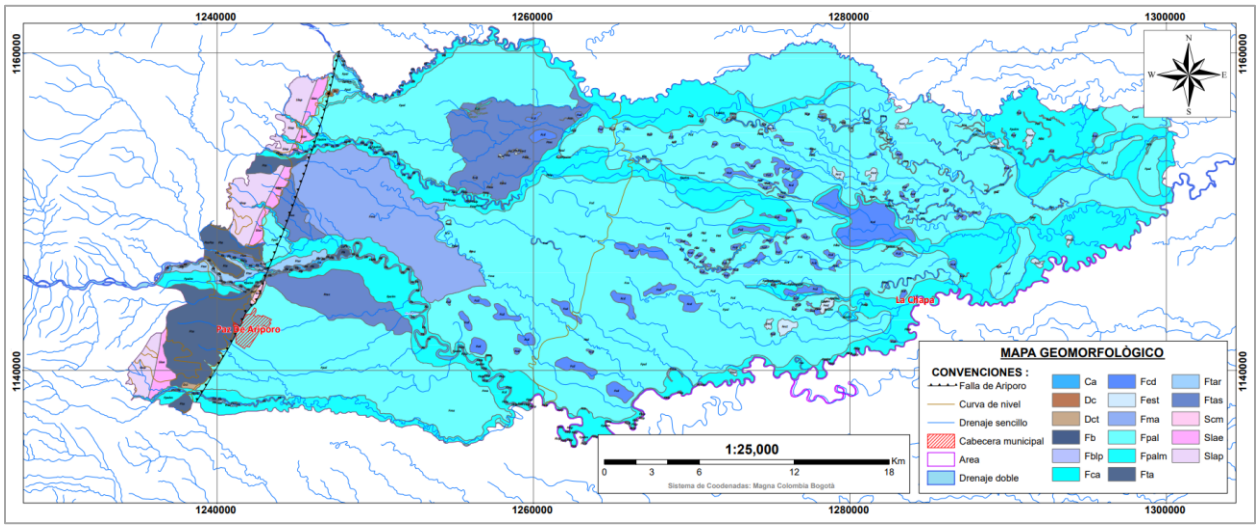


Figura 10. Mapa Geomorfológico. Fuente: Tomado y modificado de EIA Llanos 9 y Llanos 14.

En la *Figura 10* se ejemplifica el mapa geomorfológico para la zona de estudio, no obstante, en el Anexo 1 se observa el mapa a mayor detalle.

Teniendo en cuenta los parámetros anteriores para la actualización cartográfica, en la *Tabla 2* se presentan las unidades geomorfológicas para el área de estudio.

Tabla 2. Jerarquización geomorfológica del área de estudio.

Regiòn geomorfològica	Unidad	Subunidad	Componente	Còdigo	Descripciòn
Fluvial acumulativo	Llanura aluvial	Valle Aluvial Meandrico	Plano de inundaciòn	Fca	Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable.Se localiza bordeando los cauces de los ríos Ariporo y Chire, donde es limitado localmente por escarpes rectos de longitud corta. Tiene pendientes bajas, en general <3%. Se relaciona a Depósitos Aluviales.
			Plano de inundaciòn de Rio meandrico	Fblp	Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable que se encuentra en los rios Ariporo y Chirè.
			Plano de inundaciòn de Meandro abandonado	Fma	Superficie de morfologia plana, baja e inundable, de bajo angulo de inclinaciòn presente en los meandros abandonados de los Rios Ariporo y Chirè.
			Cauce aluvial	Ca	Canal de forma irregular excavado por erosión de los ríos Chirè y Ariporo, de tipo meándrico, con pendientes entre 0 y 1%. Está limitado por laderas rectas, de longitud muy corta y presenta localmente procesos de socavación lateral. Se relaciona Depósitos Aluviales Recientes.
			Barra longitudinal	Fb	Cuerpos elongados de forma romboidal, convexa en planta y en superficie de morfología suave ondulada. Se disponen de forma paralela en el centro o costado de los cauces de los ríos Chire y Ariporo, con la punta más aguda en la dirección de las corrientes. Tiene pendientes en general entre 1 y 7%. Su origen se relaciona con la acumulación de sedimentos durante grandes inundaciones, que luego de disminuir el caudal, quedan como remanentes que dividen la corriente. Se relaciona con Depósitos Aluviales Recientes.
			Laguna	Fest	Cuerpos de agua de poca profundidad asociados a sistemas fluviales que estan relacionados a los depositos aluviales
			Planicies aluviales	Fpal	Superficie plana de gran extensiòn, con pendiente suave,relacionada a sistemas fluviales
		Terrazas Aluviales	Planicies aluviales menores	Fpalm	Superficie plana de gran extensiòn, con pendiente suave,relacionada a sistemas fluviales recientes
			Cuenca de Decantaciòn	Fcd	Valle en artesa de forma plana a semiconcava, localmente llena de agua, relacionada al desborde temporal de canales y rios presentes en la zona.
			Terrazas antiguas	Fta	Niveles aluviales escalonados y disectados, relacionados a antiguas llanuras aluviales de pendiente moderada a baja de erosion variable.
			Terrazas subrecientes	Ftas	
			Terrazas recientes	Ftar	
Estructural	Colinas	Colinas estructurales	Colinas estructurales medias	Scm	Superficie de altura considerable, con una morfologia regular a irregular formada a partir surgencia de de elementos estructurales. En este caso es caracteristica la Fm caja.
	Ladera	Ladera estructural	Ladera estructural de anticlinal	Slae	Superficie de variada morfologia definida por planos preferentes de la Fm Caja
		Ladera contrapendiente	Ladera de contrapendiente de anticlinal	Slap	Superficie en desnivel de morfologia regular dispuesta en sentido contrario, definida por planos preferentes de la Fm Caja.
Denudacional	Colinas		Colina residual	Dc	Cima redondeada de considerable elevaciòn, delimitada por laderas convexas largas modelada por procesos denudacionales a partir de la roca de la Fm Caja
			Conos de Talus	Dct	Estructura en forma de cono delimitada entre escarpes pronunciados. Su origen esta relacionado a acumulacion mecanico de frgmentos pertenecientes a la Fm caja

10. HIDROGEOLOGÍA

La hidrogeología es la rama de la geología que estudia el comportamiento de las aguas subterráneas con el fin de conocer las dinámicas del flujo de un sistema hidrogeológico. El conocimiento propio del medio, permite una caracterización que confluye en un modelo hidrogeológico conceptual, el cual se fundamenta bajo la integración de información geológica, climática e hidrogeológica. Esta información incluye inventario de puntos de agua subterránea, prospección geofísica, análisis de laboratorio, entre otros.

Con el objetivo de presentar un modelo hidrogeológico conceptual del área de estudio, a continuación, se describe y presenta detalladamente la metodología y resultados de cada uno de los aspectos necesarios para la elaboración propia del trabajo.

10.1 Hidrogeología Regional

De acuerdo con los mapas hidrogeológicos regionales de IGAC e IDEAM (2002), el área de estudio se localiza en la Provincia Hidrogeológica de los Llanos Orientales (*Figura 11*), específicamente en la Subprovincia de Yopal- Ariporo, caracterizada por presentar unidades de Depósitos Cuaternarios asociados a sedimentos aluviales y fluviolacustres de gran extensión y variada granulometría. Estos sedimentos suprayacen rocas neógenas de la Formación Guayabo y también están en contacto hacia el Oeste con las Formaciones Corneta, Caja y Diablo.

De acuerdo con el IGAC e IDEAM, en este sector se localizan sedimentos y rocas de moderada a baja permeabilidad, contrastando el Sistema Acuífero de la Formación Guayabo y el sistema Acuífero de Llanura Aluvial, con importancia hidrogeológica alta a moderada.

Estos acuíferos están constituidos por sedimentos del Paleógeno-Neógeno y depósitos recientes (depósitos cuaternarios). Desde el punto de vista geológico la cuenca está cubierta por depósitos cuaternarios fluviolacustres, que suprayacen rocas sedimentarias detríticas de textura arenosa, lutitas y carbonatadas. (Vargas et al., 2013)

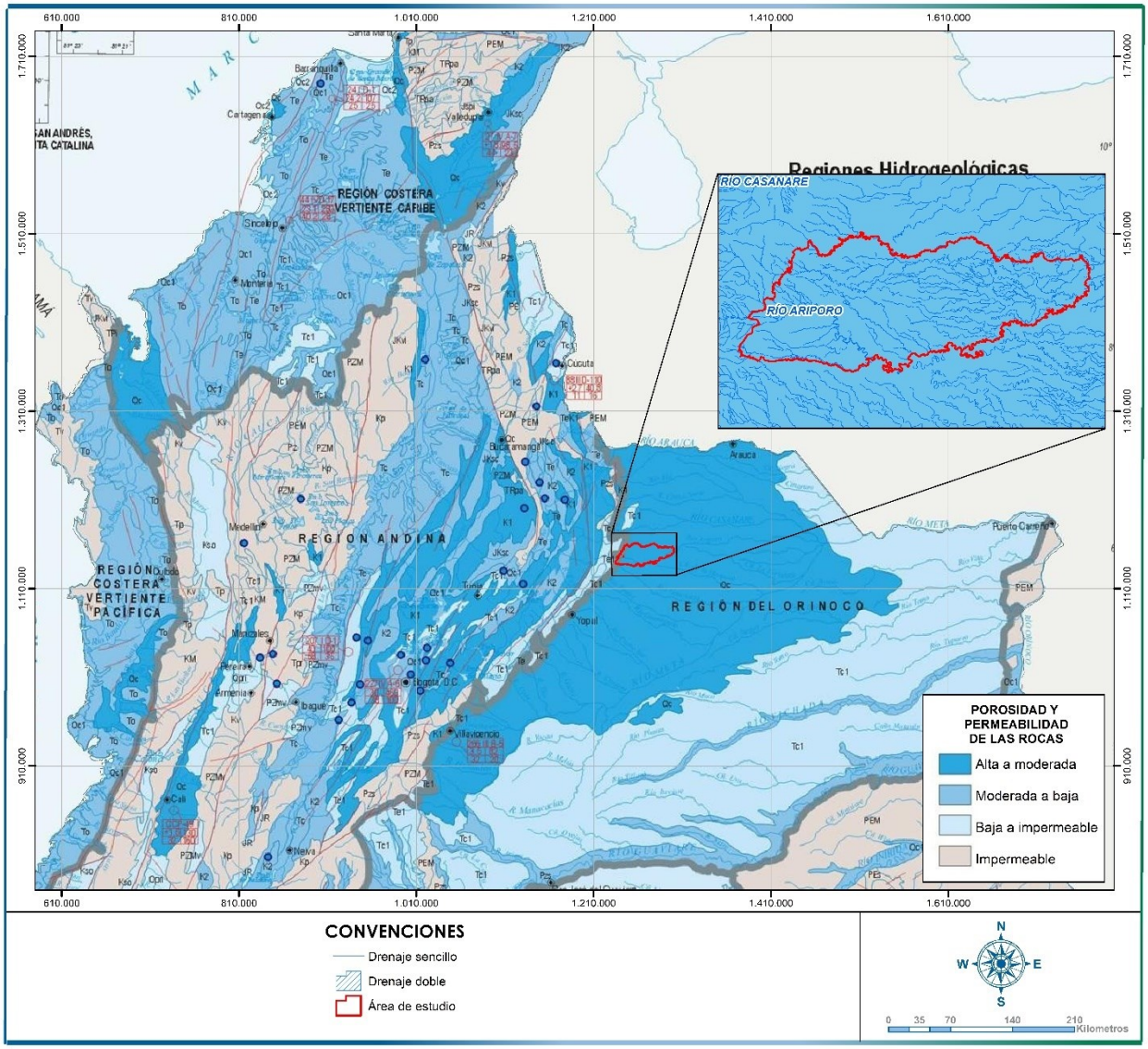


Figura 11. Ubicación del Área de estudio. Tomado y modificado de Mapa de Regiones Hidrogeológicas de Colombia. IGAC-IDEAM (2002).

10.2 Inventario de puntos de agua

Uno de los puntos más importantes en el modelo hidrogeológico conceptual es el inventario de puntos de agua, el cual es una herramienta fundamental para la gestión del recurso hídrico, ya que permite conocer el medio hidrogeológico mediante el registro de características técnicas tales como usos, usuarios, profundidad de niveles, funcionamiento hidráulico, características fisicoquímicas, entre otros.

La información del inventario fue tomada de los estudios de impacto ambiental, los cuales incluyeron la revisión en campo de pozos, aljibes, manantiales y otras manifestaciones de agua subterránea, como jagüeyes alimentados por el agua subterránea. En total se inventariaron 742 puntos de agua subterránea, de los cuales se encontraron 124 manantiales, 124 aljibes, 491 pozos y 3 jagüeyes que cortan el nivel de lagua subterránea. (*Figura 12* y *Figura 13*).

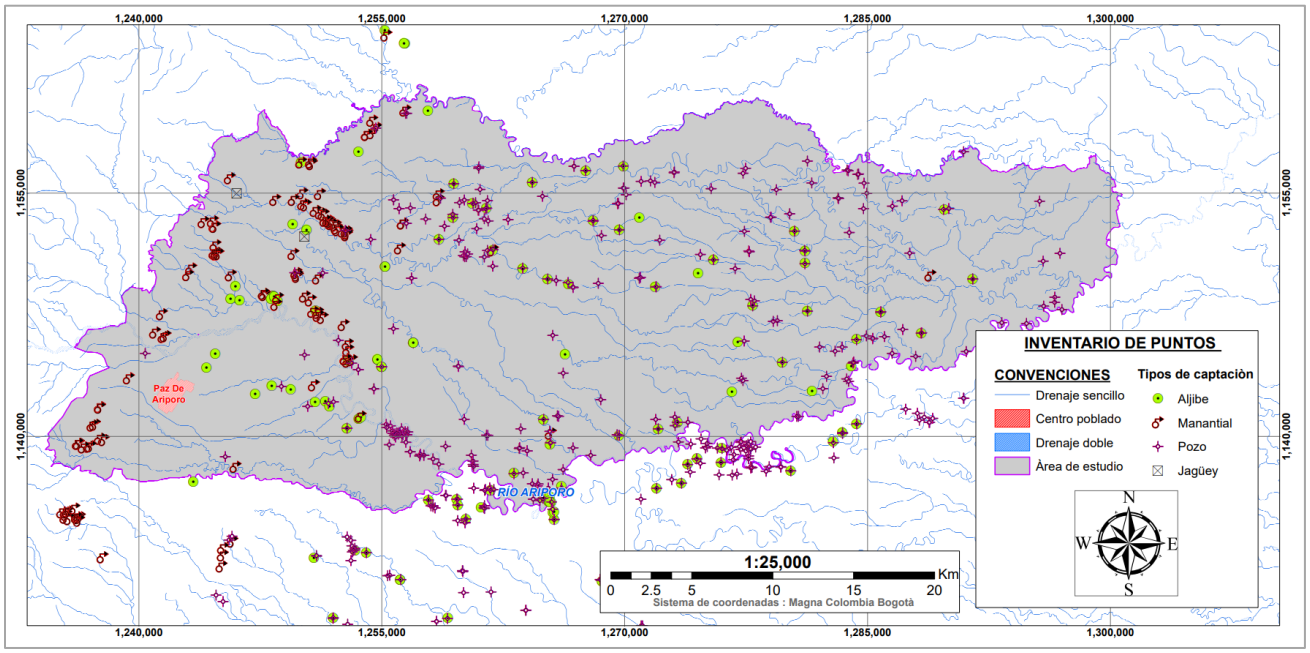


Figura 12. Localización de puntos de agua. Fuente: Autor.

La información recopilada en campo se observa en el **Anexo 2** y se registró mediante fichas con información correspondiente a localización, características constructivas, caudal de explotación, nivel estático, usos y usuarios, propiedades físicas in situ del agua, entre otros aspectos.

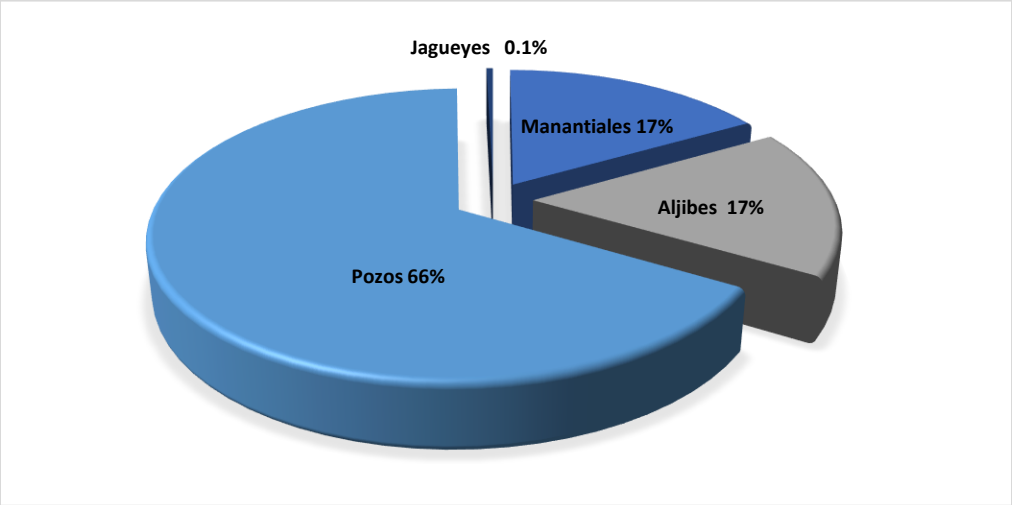


Figura 13. Inventario de puntos de agua. Fuente: Autor.

10.2.1 Análisis y evaluación de la información

A continuación, se describirán las características de cada uno de los tipos de punto de agua subterránea encontrados en campo.

10.2.1.1 Manantiales

Los manantiales inventariados se encuentran ubicados en su mayoría, en la parte Oeste de la zona de estudio en las veredas Santa Rita, San José de Ariporo y las Enramadas, en donde se tiene la topografía más abrupta del sector. De igual manera, se considera que algunos manantiales

están asociados a las zonas de influencia de las Falla de Ariporo ya que están alineados de acuerdo a orientación en rumbo de las fallas N30ºE/W según (González, *et al.,* 2015).

La mayoría de los manantiales son explotados con electrobomba o por gravedad, cuyos caudales de explotación no superan los 0,7 l/s. Muy pocos se pudieron aforar, registrando caudales de producción de 0,01 a 1,1 l/s. Dentro de los parámetros físicos medidos en campo se encontró que la temperatura del agua oscila entre 24°C y 33,5°C, el pH varía de ácido a básico (4,47 a 7,78 unidades), la conductividad eléctrica se encuentra entre 1 y 175 µS/cm, y los sólidos totales disueltos fluctúan entre 1 y 87 ppm.

En relación con el uso del agua se tiene que, de los 124 manantiales hay en uso 54 puntos de agua que se distribuyen para diferentes finalidades y 70 puntos restantes que no están en producción. De los 54 puntos de agua en uso, se consideran para uso pecuario alrededor de un 55% (30 puntos), para uso pecuario, labores domésticas y consumo humano se tiene un 28% (15 puntos), piscicultura un 5% (3 puntos), consumo humano 4% (2 puntos), pecuario y labores domésticas 2% (1 punto), abastecimiento publico correspondiente a un manantial ubicado en la Escuela Las Mercedes de la Vereda Santa Rita 2% (1 punto), riego 2% (1 punto) y un uso desconocido 2% (1 punto). (*Figura 14*)

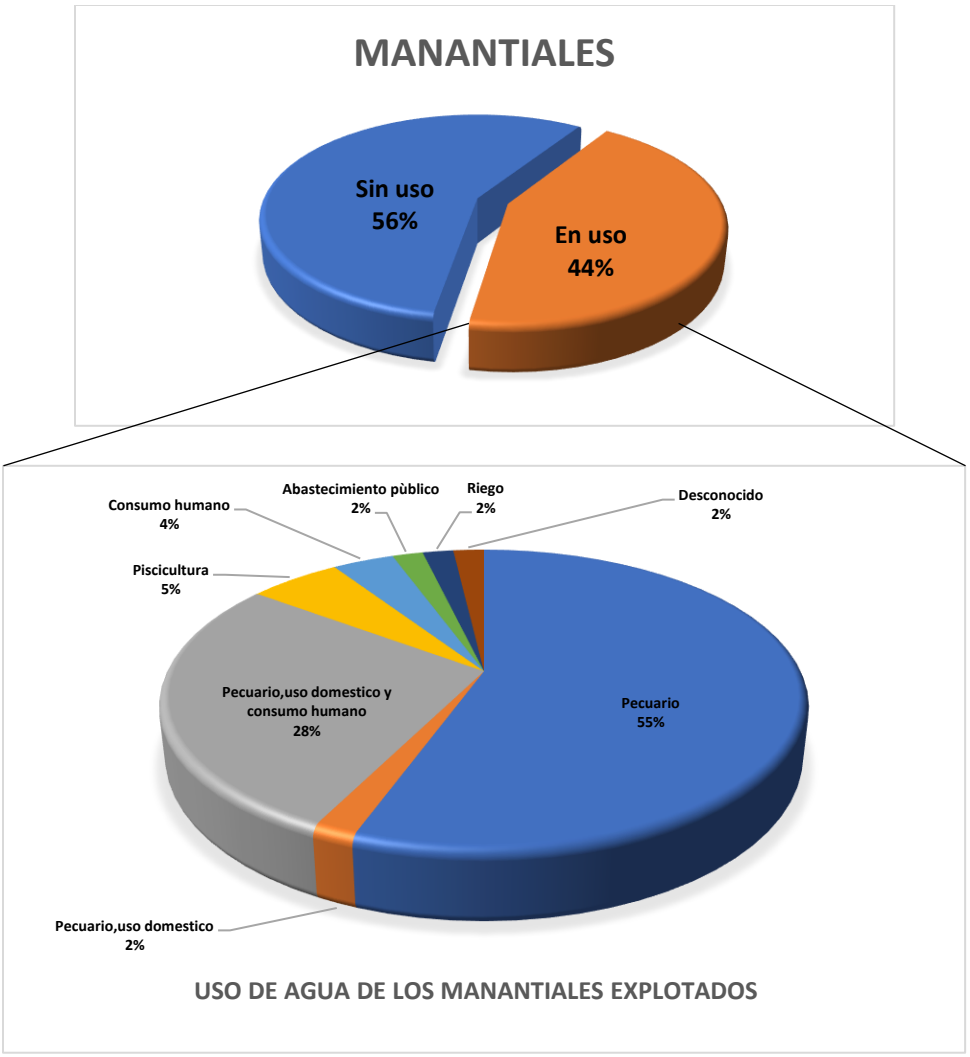


Figura 14. Usos y usuarios de manantiales. Fuente: Autor.

10.2.1.2 Pozos

De este tipo de captación se encontraron 491 puntos, los cuales se distribuyen en su mayoría en la parte central-este de la zona de estudio, sobre todo en las veredas Santa María del Chire, La Argentina, La Chapa y Berlín del municipio de Hato Corozal, y en las veredas Tenllano, San José de Ariporo, Santa Rita, Labrancitas, La esperanza, Las Gaviotas, Cañadotes y Rincón Hondo del municipio de Paz de Ariporo.

Los pozos tienen profundidades que oscilan entre los 6 y 100 metros, los cuales se encuentran revestidos en su mayoría en PVC y en menor proporción en acero y hierro. Se tiene también que la forma de explotación es por medio de gravedad, sistemas manuales, electrobombas, bombas sumergibles, motobombas y molinos de viento. Los caudales de explotación oscilan entre los 0,0034-1.9 l/s y los niveles estáticos están entre los 0-y los 6,8 metros de profundidad. Para los parámetros físicos-químicos del agua se encontraron temperaturas que oscilan entre 20ºC-37,6ºC, el pH entre es ácido (5,4 -7,68 unidades), la conductividad eléctrica varía entre los 12 a 970 µS/cm y los sólidos totales disueltos fluctúan entre los 5 a 486 ppm.

De los 491 pozos, 87 están en reserva, 31 no tienen uso, 3 están colapsados y 370 productivos. De los que están en uso, el 40% (150 puntos) corresponden a consumo humano, labores domésticas y uso pecuario, el 35% (125 puntos) son de consumo humano y labores domésticas. De solo uso pecuario se tiene un 15% (57 puntos), de abastecimiento público un 4% (15 puntos), para labores domésticas y uso pecuario se tiene un 2% (6 puntos), de solo uso doméstico 2% (6 puntos), para piscicultura un 1% (4 puntos), para uso desconocidos 1% (3 puntos). Por último, se tiene de consumo humano, labores domésticas, uso agrícola y pecuario con un 1 % (2 puntos) y para riego y uso agrícola respectivamente se tiene un solo punto de agua, que en conjunto se tiene 1% del total. (*Figura 15*)

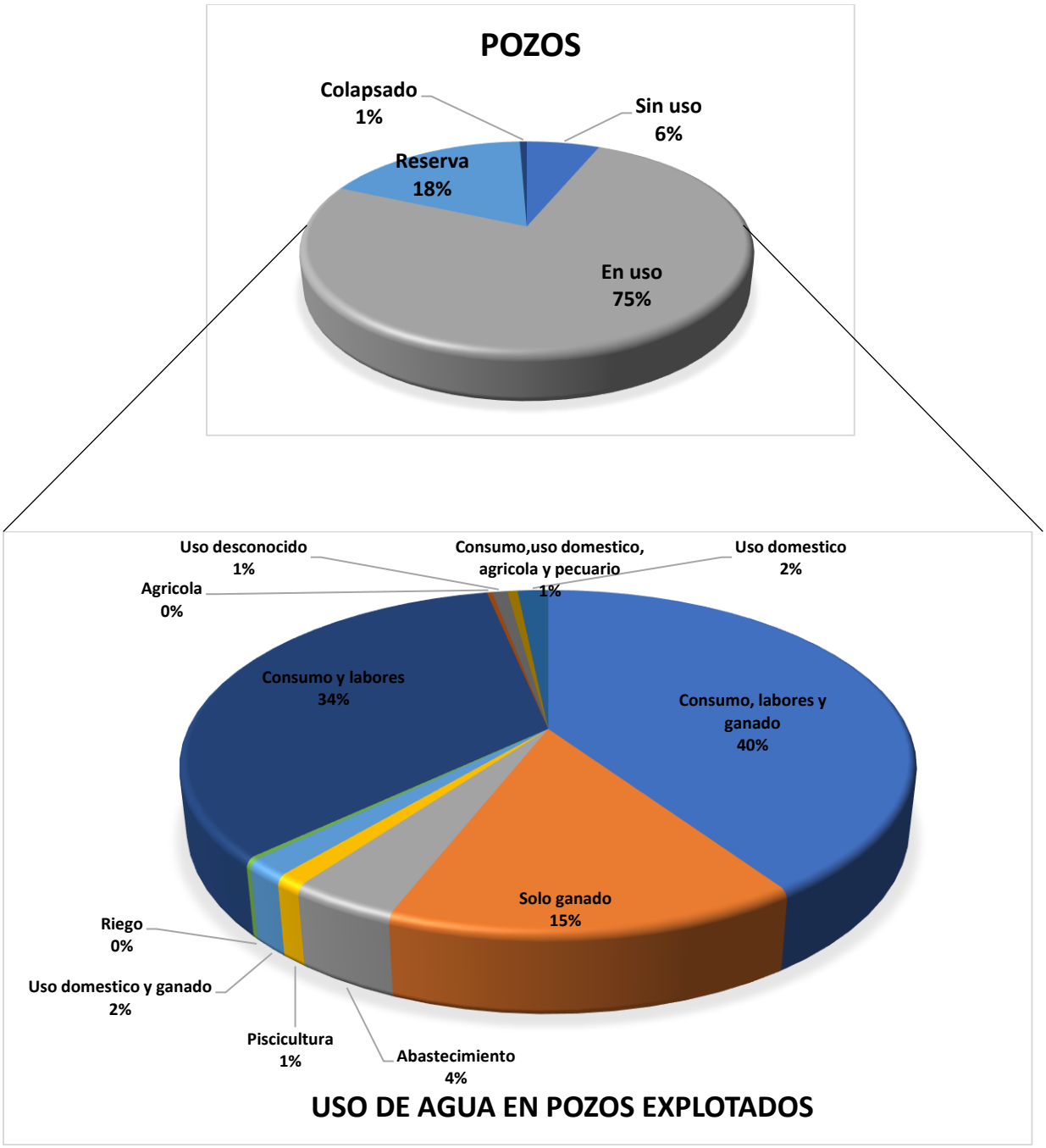


Figura 15. Usos y usuarios de los pozos. Fuente: Autor.

10.2.1.3 Aljibes

En general los 124 aljibes inventariados están ubicados por toda la zona del área de estudio. Tienen profundidades de construcción entre los 3 a 12 metros, con diámetros variables entre 0,74-3,2 metros, revestidos en su mayoría por ladrillo, piedra y concreto.

Su forma de explotación es por medio de electrobombas, motobombas, bombas manuales y por baldeo. Los niveles de tabla de agua en veranos oscilan entre los 0 a 9m y los caudales de explotación están entre los 0,016 y 1,6 l/s. Dentro de los parámetros físicos se tiene que la temperatura oscila entre los 26º-29,9ºC, el pH está entre las 4,4 y 8,24 unidades, las conductividades eléctricas se encuentran en el rango de 15 a 910 µS/cm y los sólidos totales fluctúan entre 8 y 464 ppm.

Del total de los 124 aljibes inventariados, 49 puntos están como reserva, 34 no están en uso y 41 en producción (*Figura 16*). De los puntos en uso se tiene que en consumo humano y labores domésticas corresponde alrededor de 46% (19 puntos), para consumo humano, labores domésticas y uso pecuario hay 34% (14 puntos). De uso exclusivamente pecuario hay un 10% (4 puntos), de labores domésticas y uso pecuario hay un 5% (2 puntos), Consumo exclusivamente humanos se tiene un 3%(1 punto) y abastecimiento publico 2% (1 punto).

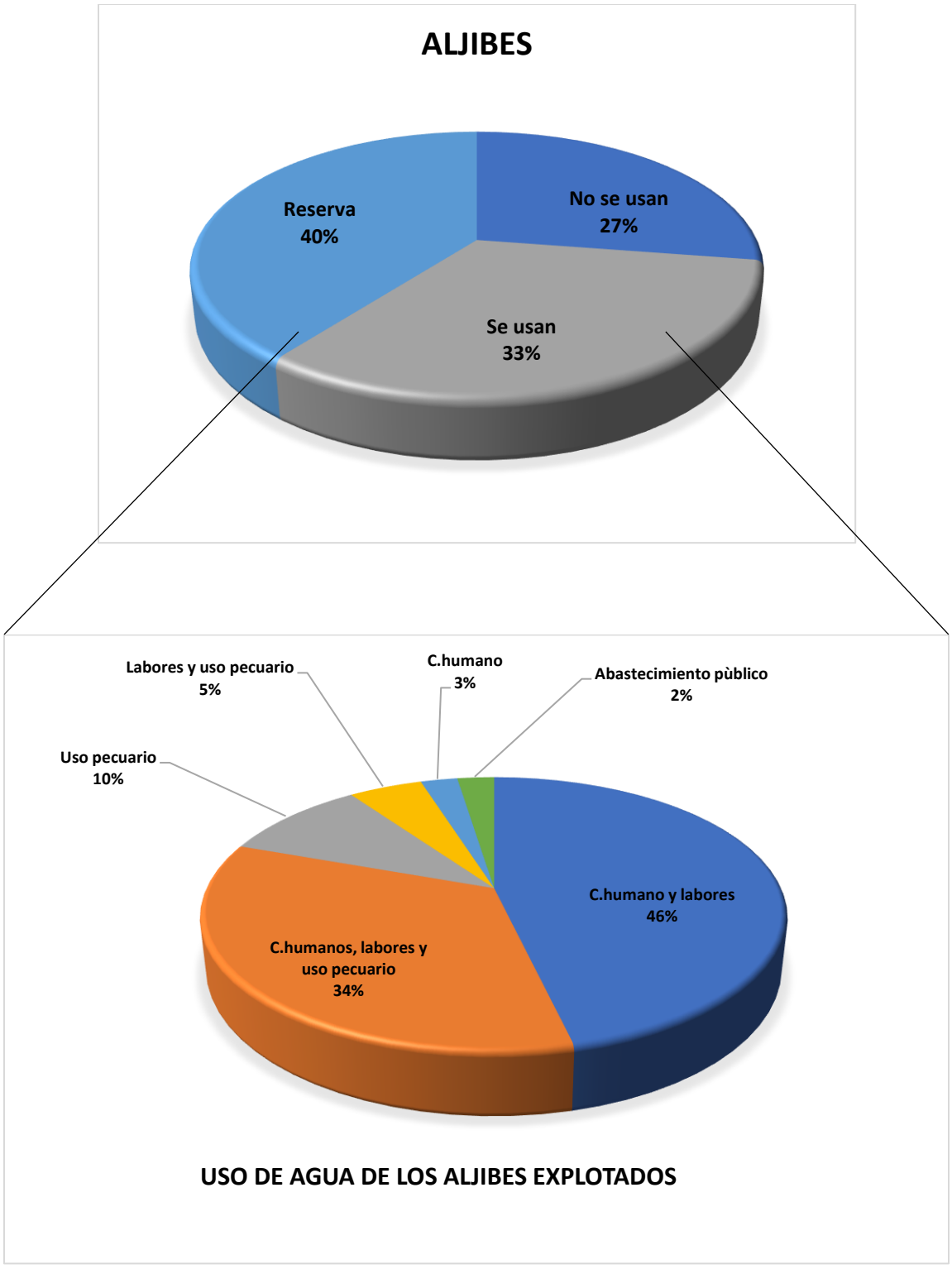


Figura 16. Usos y usuarios de los Aljibes. Fuente: Autor.

10.2.1.4 Jagüeyes

Por otro lado, en el área de estudio también se ubican otras manifestaciones de agua subterránea como los jagüeyes, en la zona se localizan 3 jagüeyes que posiblemente corten el nivel freático. Se encuentran ubicados en el municipio de Hato Corozal, en la vereda Aricaporo, Santa Rita y El Berlín. Las profundidades no superan los 4 metros.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos se tiene que la temperatura oscila entre 27,6 y 31°C, el pH esta entre 5.7 y 6 unidades, la conductividad eléctrica 13-86 µS/cm y los sólidos totales están entre 5 y42 ppm.

10.3 Prospección geoeléctrica

La prospección geoeléctrica es una de las herramientas fundamentales para el desarrollo del modelo hidrogeológico conceptual, ya que permite conocer la geometría y la profundidad de cada una de las unidades geoeléctricas. Al conocer estas características, de acuerdo a los rangos de resistividad se puede correlacionar su respectiva información geológica, siendo esta, la litología relacionada al modelo geológico que se hizo con anterioridad, Auge (2008).

Conociendo de esta manera la distribución, profundidad y la continuidad de las unidades geoeléctricas se puede inferir con mayor seguridad las formaciones de roca que se comportan como potenciales acuíferos.

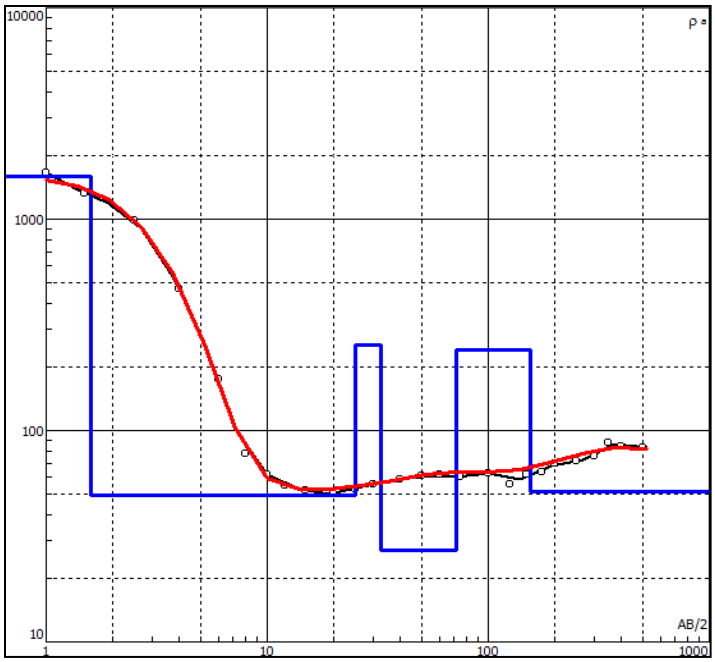
10.3.1 Procesamiento e interpretación de la información

Para la presente tesis se trabajó con información de 40 sondeos eléctricos verticales-SEV (*Figura 20*) distribuidos por toda la zona de estudio, los cuales fueron tomados de los EIA de Llanos 9 y Llanos 14, Casanare. La información consultada de los SEVs fue la suficiente para realizar su reinterpretación, esto con el fin de corroborar y corregir el modelo geológico-geofísico elaborado en los estudios de impacto ambiental. La información consultada de los SEVs fue la suficiente para realizar su reinterpretación, esto con el fin de corroborar y corregir el modelo geológico-geofísico elaborado en los estudios de impacto ambiental.

En el caso en cuestión para corroborar de una mejor manera, la información secundaria, en lo que respecto a la información de los Sondeos Eléctricos Verticales, se realizan los ajustes requeridos en el momento de realizar la nueva reinterpretación de los datos, donde se entiende el contexto geológico general de la zona, y se reinterpreta la curva de resistividades.

En la *Figura 17* y *Figura 19* se observan la comparación entre las curvas de resistividad del SEV07-Llanos 14, donde se determinar un error teórico menor considerando de mejor manera las unidades geológicas y las zonas de resistividad.

Sev07(Llanos 14)



MODELO GEOELÉCTRICO Y CORRELACIÓN HIDROGEOLÓGICA

Error= 4,26%

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	1594.0	1.6	1.6	Arenas secas
2		49	23.4	25	Arenas saturadas, intercaladas, con limos arcillas
3	Z1A	254	7.68	32.7	Arenas saturadas
4	Z2A	27	39	71.7	Limos y arcillas, intercalados con arenas saturadas
5	Z3	241	83.7	155.4	Areniscas saturadas con intercalaciones de limolitas
6	Z4	51.3	Indeterminado		Limolitas y areniscas cuarzosas.

Figura 17. Correlación del SEV original.

Reinterpretación de Sev07 (Ll14)

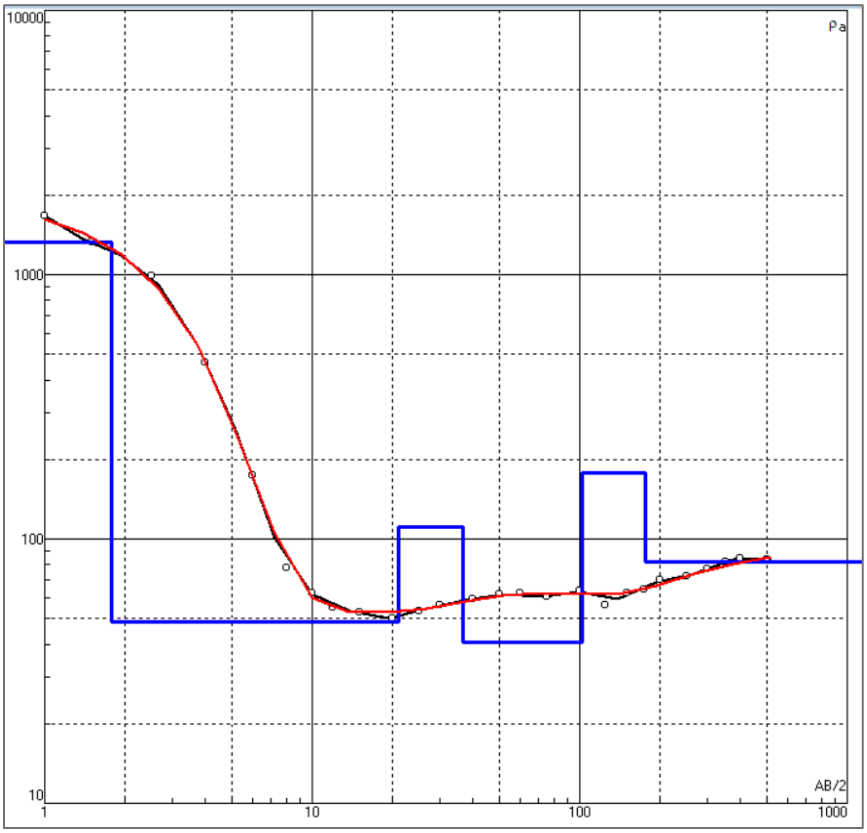


Figura 18
MODELO GEOELÉCTRICO Y CORRELACIÓN HIDROGEOLÓGICA

Error= 3.31%

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	1898.0	0.5	0.5	Arenas secas (Q1-al)
2		1326	1.28	1.78	
3	Z2b	48.7	19.3	21.1	Arcillolitas y limolitas saturadas (Q1-al)
4	Z3b	111	15.5	36.5	Areniscas finas con limos (Fm Guayabo)
5	Z4b	40.8	65.6	102.0	Arcillolitas y limolitas saturadas (Fm Guayabo)
6	Z4a	178.0	73.9	176.00	Areniscas medias a conglomerados saturados (Fm guayabo)
7		82	Indeterminado		Arcillolitas y limolitas saturadas

Figura 19. Correlación con el ajuste.

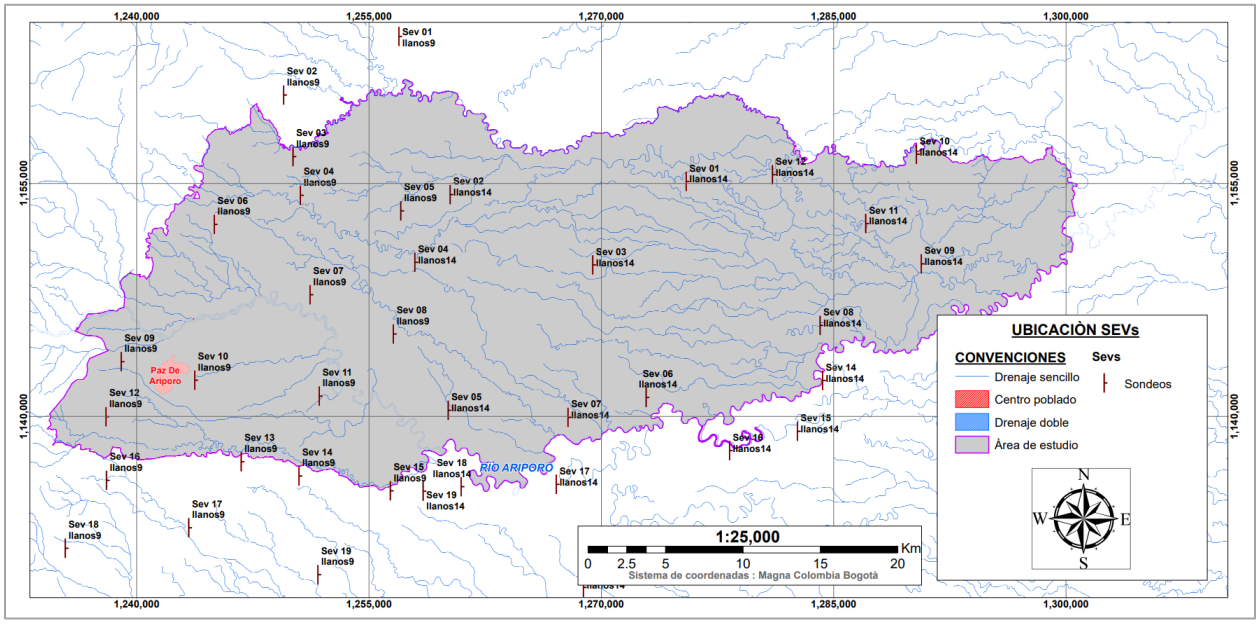


Figura 20. Localización de los SEVs. Fuente: Autor.

.

En la *Tabla 3* y *Tabla 4* se observa información en cuanto al municipio, vereda, Coordenadas Este y Norte, distancias AB/2 y rumbos determinados para cada uno de los sondeos.

Tabla 3. Tabla SEVs Llanos 9. Fuente: Modificado EIA Llanos 9.

ID	Municipio	Vereda	Coordenadas (Origen Bogotá)		AB/2	Rumbo
			Este	Norte		
SEV01-Llanos 9	Hato Corozal	Alta Gracia	1.217.019	1.164.460	350	N55W
SEV02-Llanos 9	Hato Corozal		1.249.576	1.160.686	300	N75W
SEV03-Llanos 9	Hato Corozal		1.250.180	1.156.721	350	N75W
SEV04-Llanos 9	Hato Corozal	Las Mercedes	1.250.660	1.154.231	500	N55E
SEV05-Llanos 9	Hato Corozal	Las Mercedes	1.257.141	1.153.230	500	N90E
SEV06-Llanos 9	Hato Corozal		1.245.099	1.152.355	500	N30E
SEV07-Llanos 9	Hato Corozal	San José de Ariporo	1.251.282	1.147.827	350	N30W
SEV08-Llanos 9	Hato Corozal	San José de Ariporo	1.256.659	1.145.303	500	N70W
SEV09-Llanos 9	Paz de Ariporo	Jaguito	1.239.089	1.143.521	500	N40W
SEV10-Llanos 9	Paz de Ariporo	Carrastol	1.243.835	1.142.331	500	N50W
SEV11-Llanos 9	Paz de Ariporo	Barranca	1.251.876	1.141.304	500	N-S
SEV12-Llanos 9	Paz de Ariporo	Jaguito	1.238.105	1.139.977	500	N45W
SEV13-Llanos 9	Paz de Ariporo	Muese	1.246.833	1.137.081	500	N70W
SEV14-Llanos 9	Paz de Ariporo		1.250.567	1.136.161	500	N70W
SEV15-Llanos 9	Paz de Ariporo		1.256.463	1.135.207	500	N90E
SEV16-Llanos 9	Paz de Ariporo		1.238.135	1.135.883	500	N15E
SEV17-Llanos 9	Paz de Ariporo	El Muese	1.243.452	1.132.827	500	N85E
SEV18-Llanos 9	Paz de Ariporo	El Muese	1.235.475	1.131.512	500	N60E
SEV19-Llanos 9	Paz de Ariporo	Brillo Alto	1.251.791	1.129.810	500	N-S
SEV20-Llanos 9	Pore	Guacharia	1.232.638	1.128.428	350	N45E

Tabla 4. Tabla SEVs Llanos 14. Fuente: Modificado EIA Llanos 14.

ID	Municipio	Vereda	Coordenadas (Origen Bogotá)		AB/2	Rumbo
			Este	Norte		
SEV01-Llanos 14	Hato Corozal	Santa María del Chire	1.275.505	1.155.057	500	N80W
SEV02-Llanos 14	Hato Corozal	Santa María del Chire	1.260.373	1.154.139	500	N65W
SEV03-Llanos 14	Hato Corozal	Santa Teresa	1.269.577	1.149.724	500	N70W
SEV04-Llanos 14	Hato Corozal	Santa Teresa	1.258.057	1.149.907	500	N75W
SEV05-Llanos 14	Hato Corozal	La Argentina	1.260.171	1.140.409	500	N39W
SEV06-Llanos 14	Hato Corozal	La Florida	1.272.994	1.141.207	500	N76W
SEV07-Llanos 14	Hato Corozal	La Argentina	1.267.918	1.139.933	500	N65W
SEV08-Llanos 14	Hato Corozal	La Chapa	1.284.192	1.145.849	500	N83E
SEV09-Llanos 14	Hato Corozal	Matapalito	1.290.722	1.149.823	500	N79W
SEV10-Llanos 14	Hato Corozal	Matapalito	1.290.438	1.156.834	500	N13W
SEV11-Llanos 14	Hato Corozal	Santa María del Chire	1.287.124	1.152.416	500	N28W
SEV12-Llanos 14	Hato Corozal	Santa María del Chire	1.281.133	1.155.570	500	N74W
SEV13-Llanos 14	Paz de Ariporo	La Unión	1.294.403	1.140.8450	500	N85E
SEV14-Llanos 14	Paz de Ariporo	Las Mercedes	1.284.401	1.142.281	500	N50W
SEV15-Llanos 14	Paz de Ariporo	Las Mercedes	1.282.696	1.139.021	500	N30E
SEV16-Llanos 14	Paz de Ariporo	Cañadotes	1.278.364	1.137.800	500	N20W
SEV17-Llanos 14	Paz de Ariporo	Elvesia	1.267.149	1.135.657	500	N90E
SEV18-Llanos 14	Paz de Ariporo	Gaviotas	1.261.036	1.135.509	500	N20E
SEV19-Llanos 14	Paz de Ariporo	Gaviotas	1.258.614	1.135.187	500	N60W
SEV20-Llanos 14	Paz de Ariporo	Labrancitas	1.268.913	1.128.996	500	N45W

La compilación de datos hace referencia a la localización, arreglo y dirección, distancias de MN/2 y AB/2 y las respectivas lecturas intensidad (I) y diferencial en potencial (V), con las que se verificó la resistividad aparente tomada en campo. En la *Tabla 5* se presenta un ejemplo de la información de los SEVs recopilada en los estudios de impacto ambiental.

Tabla 5. Ejemplo formato Sev. Fuente. EIA Llanos 9.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÀREA DE PERFORACIÒN EXPLORATORIA DE LLANOS 9								
SEV LLANOS 9								
SEV 1								
MUNICIPIO: Hato Corozal								
VEREDA: Alta Gracia								
CONFIGURACIÓN: Schlumberger							RUMBO :	N55O
FECHA: 13 de noviembre de 2011								
OPERADOR :								
EQUIPO: AZ Instruments								
COORDENADAS (Orígen Bogotá) :				1,257,019		m.E	1,164,460	m.N.
DISPOSICION		**LECTURA 1**		**LECTURA 2**		**RESULTADOS**		
MN/2	**AB/2**	**V1**	**A1**	**V2**	**A2**	**RESIST. 1 (Ohm-m)**	**RESIST. 2 (Ohm-m)**	**RESIST (Ohm-m)**
0.5	1.5	10900	49.6	10520	49.4	1380.8	1338.0	1359.4
0.5	2.5	2910	47.6	2900	47.8	1152.4	1143.6	1148.0
0.5	4	643	43.8	648	44.4	726.4	722.1	724.3
0.5	6	219	48.2	218	48.8	510.3	501.7	506.0
0.5	8	151.3	64.1	156.8	64.3	472.7	488.4	480.6
0.5	10	85.7	65.8	85.1	66.1	408.1	403.5	405.8
0.5	12	42.3	51.5	42.3	52	370.9	367.4	369.1
0.5	15	36.7	84.1	36.1	85	308.1	299.9	304.0
5	15	483	85.1	479	86.3	356.6	348.7	352.7
5	20	99.8	45.3	98.2	45.5	259.5	254.3	256.9
5	25	53.1	47.4	53	47.8	211.2	209.0	210.1
5	30	29.1	39.4	28.6	39.7	203.0	198.0	200.5
10	30	61.8	40.5	61.3	40.5	191.8	190.2	191.0
10	40	37	40.4	37.4	40.6	215.8	217.0	216.4
10	50	33.1	46.2	33.5	46.5	270.1	271.6	270.8
10	60	25.2	43.3	25.8	43.5	320.0	326.1	323.0
10	75	21.7	49.6	21.9	49.6	379.7	383.2	381.4
25	75	58	50.1	56.1	50	363.7	352.5	358.1
25	100	50.2	63.8	43.3	64.1	463.5	397.9	430.7
25	125	39.3	68	38.9	68.4	544.7	536.0	540.3
25	150	35.4	59.7	35.2	62.4	815.0	775.3	795.2
50	150	72.4	77.7	73.5	77.6	585.5	595.1	590.3
50	175	35.8	47.3	36.6	48	668.8	673.7	671.2
50	200	41.6	66.3	41.8	66.5	739.2	740.5	739.9
50	250	19.8	44.3	19.8	44.8	842.5	833.1	837.8
50	300	13.8	42.5	13.4	42.6	892.6	864.7	878.6
100	300	25	43.1	25.4	43.1	728.9	740.6	734.7
100	350	37.7	86.6	38	86.8	769.3	773.6	771.5

Una vez corroborado y procesados los valores de resistividad aparente, se procedió con la obtención de la resistividad real, mediante el procesamiento de información en el software IPI2WIN versión 3.0.1 de la Universidad Estatal de Moscú. El resultado da una figura de interpretación que relaciona la resistividad real (eje Y) y el espesor de la capa de resistividad (eje X), para cada sondeo analizado. (*Figura 21*). Además, se genera una tabla en donde se muestra la resistividad eléctrica de cada capa, su espesor y la profundidad de base de la misma (*Figura 22*).

En el **Anexo 3** se presentan la interpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales.

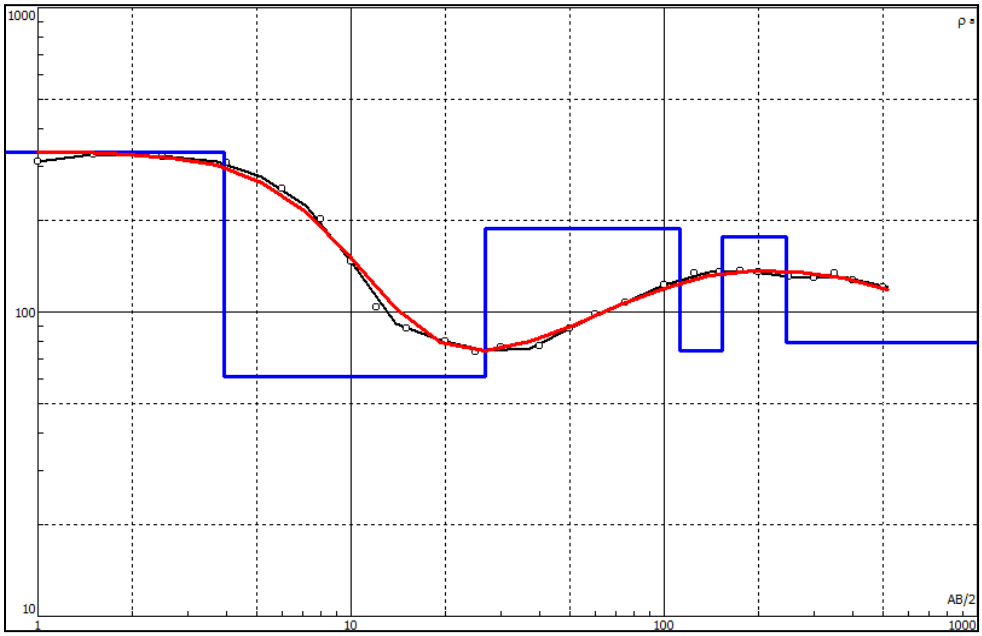


Figura 21. Curva de Resistividad vs Distancia. Fuente: Autor.

Error = 5.81%

N	ρ	h	d	Alt
1	616	0.584	0.584	-0.584
2	6472	0.558	1.14	-1.142
3	258	2.97	4.11	-4.112
4	1626	18.6	22.7	-22.71
5	33.5	89.7	112	-112.4
6	13.7			

Figura 22. Profundidad y espesores de las capas resistivas.

10.3.2 Correlación geológica e hidrogeológica

Luego de tener el modelo de capas para cada uno de los sondeos eléctricos verticales, se procede a plantear perfiles de correlación, teniendo en cuenta la cartografía geológica del área de estudio. En estos perfiles se realiza la correlación geoeléctrica, geológica e hidrogeológica, con el fin de buscar la distribución lateral de cada valor de resistividad, mediante zonas con intervalos de resistividades que responden a determinada condición de saturación y granulometría. Por lo tanto, se establece para cada sondeo, una tabla con información geoeléctrica y su respectiva correlación hidrogeológica. (*Tabla 6*)

Tabla 6. *Tabla ejemplo, SEV 9. Fuente: Autor.*

Capa No	Resistividad (Ohm-m)	Espesor (m)	Profundidad Base (m)	Correlación Hidrogeológica
1	1.622,0	1,31	1,310	Suelos, limos, arcillas y gravas secas (Z1)
2	45,0	8,28	9,59	Suelos, limos, arcillas y gravas secas (Z1)
3	66,5	10,5	20,10	Arena media-fina, limos y arcillas (Z2b)
4	3.192,0	92,70	113,00	Arenas y Conglomerados Saturados (Z3a)
5	112	Indeterminado	Indeterminado	Arenas medias(Z4a)

Para lograr llevar a cabo esta correlación se realizaron 10 perfiles geológico-geoeléctrico (*Figura 23*), en los que se definieron 9 zonas de resistividad eléctrica, además, con la información procesada, se elaboraron mapas de isoprofundidades y de isoespesores, con el fin de detallar el modelo geométrico de las unidades geológicas. Estos resultados se presentan en los siguientes subcapítulos.

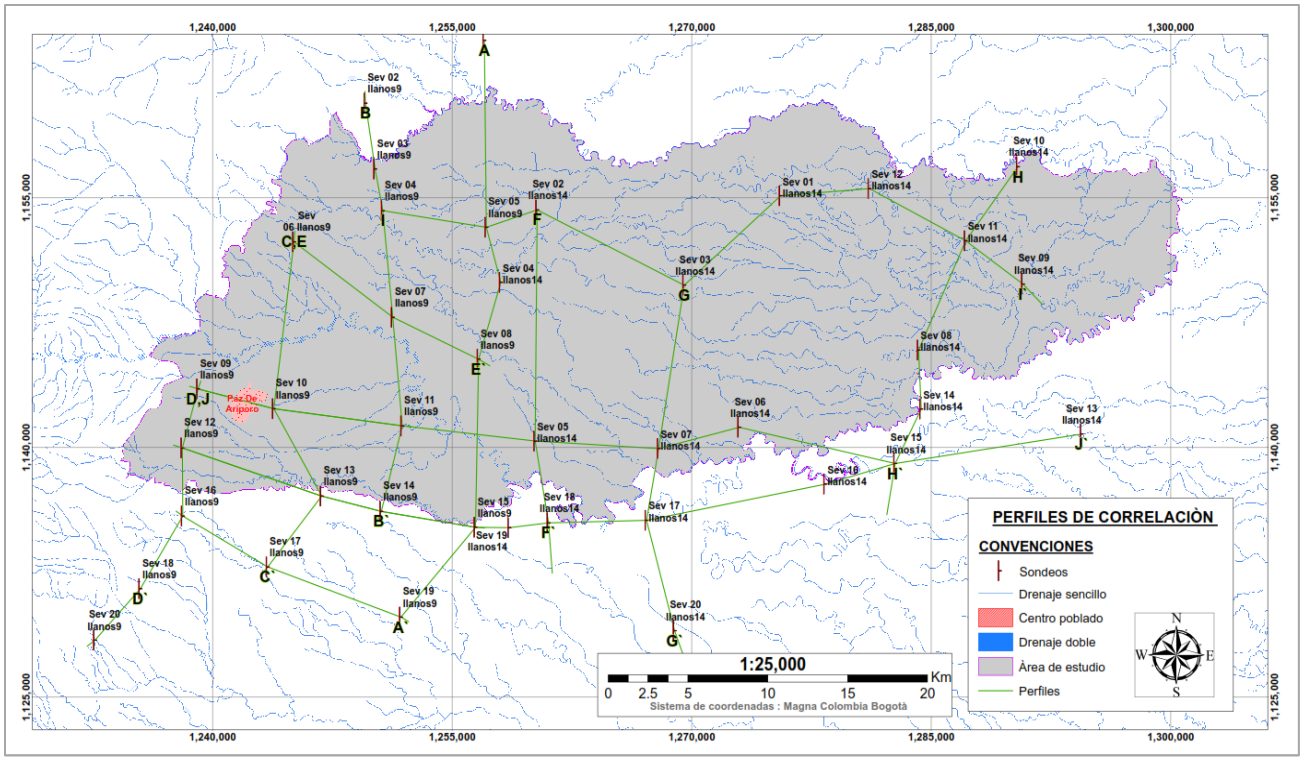


Figura 23. Perfiles de correlación. Fuente: Autor

10.3.2.1 Zonas de resistividad

A continuación, se presenta la descripción y la correlación geológica e hidrogeológica de cada una de las zonas de resistividad definidas para el área de estudio. (

Tabla 7).

Tabla 7. Zonas de resistividad.

ZONA DE RESISTIVIDAD	RANGO Ohm/m	ESPESOR (Metros)	PROFUNDIDAD BASE(Metros)	CORRELACIÒN HIDROGEOLOGICA	UNIDAD LITOESTRATIGRÀFICA
Z1	4,01-11.144	0,4-23,7	0,4-23,7	Zona no saturada	Suelos, limos, arcillas y arenas secas de depósitos cuaternarios
Z2a	156-524	3,07-26,16	6,79-29,37	Zona saturada	Arenas medias relacionadas a los depósitos cuaternarios
Z2b	21,6-103	1,1-104,01	3,27-127,806	Zona moderada a pobremente saturada	Arenas finas a medias, limos y arcillas relacionadas a depósitos cuaternarios y parte de Fm Guayabo
Z3a	509-3.192	52,4-92,7	76,47-129,87	Zona saturada	Capas de Areniscas medias a conglomerados-Fm Guayabo (N-sc)
Z3b	101-449	15,5-161,92	45,7-189,5	Zona saturada	Capas de Areniscas-Fm guayabo (N-sc)
Z4a	60,1-193	161,7-174,91	161,7-174,91 (Conocidas)	Zona saturada	Intercalaciones de areniscas y limolitas-Fm Guayabo (N-sc)
Z4b	15,3-57,5	94,71-102,18	94,71-169,32 (Conocidas)	Zona pobremente saturada	Capa de limolitas-Fm Guayabo (N-sc)
ZA	47,8-65,2	113,99-122,9	134,31-136,66	Zona pobremente saturada	Capa de arenas finas y limos-Depósitos de Abanicos Aluviales Antiguos (Q1-ca)
ZB	5,84-11,6	Indeterminados	Indeterminados	Zona pobremente saturada	Capa de limolitas y arcillolitas-Fm Caja (E3E1-Stm)

- **Zona de resistividad eléctrica-Z1.**

La zona Z1 es la capa más superficial del área de estudio, corresponde a sedimentos de baja saturación, relacionadas a los Depósitos Cuaternarios más recientes. Su rango de resistividad comprende entre los 4,01-11.144 Ohm/m, correlacionadas con limos, arcillas y arenas secas. El espesor de esta unidad puede llegar hasta los 23,7 metros.

- **Zona de resistividad eléctrica- Z2a**

La zona Z2a corresponde a una de las capas más superficiales del área de estudio y se encuentra ubicada en la parte oriental de zona delimitada. Tiene un rango de resistividades entre 156-524 Ohm/ m que se correlacionan a las arenas medias saturadas de los Depósitos Cuaternarios. Su potencial hidrogeológico es moderado. El espesor puede llegar hasta los 26,16 metros y la profundidad de su base está entre 6,79-29,37 metros.

- **Zona de resistividad eléctrica-Z2b**

La zona Z2b se encuentra ubicado a lo largo del área de estudio. Tiene un rango de resistividades entre 21,6-103 Ohm/m, las cuales corresponden a arenas finas a medias, limos y arcillas moderadamente saturadas. El espesor encontrado es entre 1,1-104,1 metros y la profundidad máxima de la base es de 127,8 metros. Por sus valores de resistividad, esta zona tiene un potencial hidrogeológico de medio a bajo, siendo captado por aljibes y pozos de la comunidad. Esta unidad esta correlacionada a la parte más profunda de los Depósitos Cuaternarios y los primeros niveles saturados de la Formación Guayabo (Nsc).

- **Zona de resistividad eléctrica Z3a**

La zona Z3a se encuentra ubicado es su mayoría en la parte occidental de la zona de estudio. Su rango de resistividad está entre los 509-3.192 Ohm/m relacionada a las areniscas y conglomerados saturados de la Formación Guayabo, miembro superior, su espesor varía entre 52,4-92,7 metros y la profundidad base máxima está en 129,8 metros. Por sus valores de resistividad, esta zona se considera con potencial hidrogeológico media a alto, llegando a ser captada por parte de los pozos de la comunidad.

- **Zona de resistividad eléctrica Z3b**

La zona Z3b se encuentra a lo largo del área de estudio, tiene resistividades entre 101 a 449 Ohm/m correlacionadas con las areniscas saturadas de la Formación Guayabo en su miembro superior. Tiene espesores que varían entre 15,5-161,92 y una máxima profundidad de base de189 metros, sin embargo, hay zonas en que la profundidad se estableció como indeterminadas debido a que fue la última capa registrada en el SEV. Esta zona tiene moderado potencial hidrogeológico y está siendo captada por algunos aljibes y pozos perforados por la comunidad.

- **Zona de resistividad eléctrica Z4a**

La zona Z4a corresponde a una de las capas más profundas que se encuentran en el área de estudio. Se caracteriza por tener resistividades de 60,1 a 193 Ohm/m, las cuales se correlacionan con intercalaciones de areniscas y limolitas saturadas de la Formación Guayabo-miembro superior. Su espesor varía entre 161.7 y 174.91 metros, y la máxima profundidad base conocida es de 175 metros, sin embargo, hay zonas donde el espesor es indeterminado ya que se encuentra como la última capa existente. La mayoría de captaciones no llegan a esta zona de resistividad, ya que la profundidad es considerable (>100m). Se considera que tiene un potencial hidrogeológico de moderado a bajo.

- **Zona de resistividad eléctrica Z4b**

Esta zona se encuentra ubicada a lo largo del área de estudio, correspondiendo a una de las unidades más profundas del sector. Se caracteriza por tener resistividades bajas entre 15,3 a 57,5 Ohm/m correlacionadas con capas de areniscas y limolitas moderado a pobremente saturadas de

la Formación Guayabo (miembro superior). Su espesor varía entre 94,71 y 102,18 m y su máxima profundidad base está en 170 metros para las capas conocidas, ya que para algunos perfiles no se conocen estas características. De acuerdo con las resistividades y la profundidad de ocurrencia, esta zona se considera sin potencial hidrogeológico.

- **Zona de resistividad eléctrica ZA**

Esta zona está ubicada en la parte más occidental del área de estudio, al oeste de la Falla de Ariporo. Se caracteriza por tener resistividades entre 47,8 a 65,2 Ohm/m correlacionadas con arenas finas y limos pobremente saturados de los Depósitos de Abanicos Aluviales Antiguos. Su espesor está entre 113,99 a 122,9 metros y su profundidad máxima esta alrededor de 136 metros. Esta zona presenta bajo potencial hidrogeológico, sin encontrarse captado por algún punto de agua subterránea de la comunidad.

- **Zona de resistividad eléctrica ZB**

Zona ubicada también al Oeste por la Falla de Ariporo. Sus resistividades son bajas ya que se encuentran entre 5,84 a 11.6 Ohm/m, relacionadas a lodolitas y arcillolitas de la Formación Caja. Tanto su espesor como su profundidad son indeterminadas por ser la última capa registrada en los sondeos. Debido a sus características geoeléctricas y a su posición estratigráfica se presentaría una descarga inmediata, por lo tanto, su potencial hidrogeológico es muy bajo.

10.3.2.2 Perfiles geológico-geoeléctrico

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los perfiles de correlación y las respectivas zonas de resistividad eléctrica.

- **Perfil geológico-geoeléctrico A-A`**

El perfil A-A` se encuentra ubicado en la parte Centro Occidental del área de estudio; inicia en la vereda Altagracia y termina en la vereda San Pablo el municipio de Paz de Ariporo, Casanare. Se elaboró un corte N-S de alrededor de 38 km de distancia, el cual está constituido por los sondeos eléctricos verticales Sev-01(LL09), Sev-05(LL09), Sev-04(LL14), Sev-08(LL09), Sev-15(LL09) y Sev-19(LL09).

En su totalidad se encontraron seis zonas de resistividad. La zona Z1 está correlacionada a lentes de arena, lodos y arcillas de bajo potencial hidrogeológico, asociadas a los Depósitos Cuaternarios. La zona Z2b está relacionada a arenas medias con intercalaciones de limos, igualmente asociados a los Depósitos Cuaternarios con potencial hidrogeológico moderado. Ambas zonas son captadas por los pozos de la comunidad.

Infrayaciendo las anteriores zonas se encuentran la zona Z3a y Z3b, caracterizadas principalmente por sus resistividades moderadas a altas, correlacionadas a areniscas de la

Formación Guayabo en su miembro superior. Se diferencian claramente debido a que *Z3a* contiene unas resistividades altas, lo cual permite inferir que es la zona geoeléctrica con mayor importancia hidrogeológica del área de estudio, mientras que la zona Z3b tendría una potencialidad moderada.

Finalmente, en este perfil se tiene las zonas Z4a y Z4b, cuyo potencial hidrogeológico es moderado a bajo respectivamente. Estas zonas se correlacionaron con areniscas saturadas y limolitas moderadamente saturadas de la Formación Guayabo-miembro superior.

En general, se define que la zona correlacionada por el perfil A-A` tiene un buen potencial hidrogeológico, tanto en la parte somera, que está siendo captada por los pobladores de la región, así como en la parte de mayor profundidad, la cual podría ser captada por los pozos más profundos. En la parte Suroeste se evidencio una zona con bajo potencial hidrogeológico. (*Figura 24*)

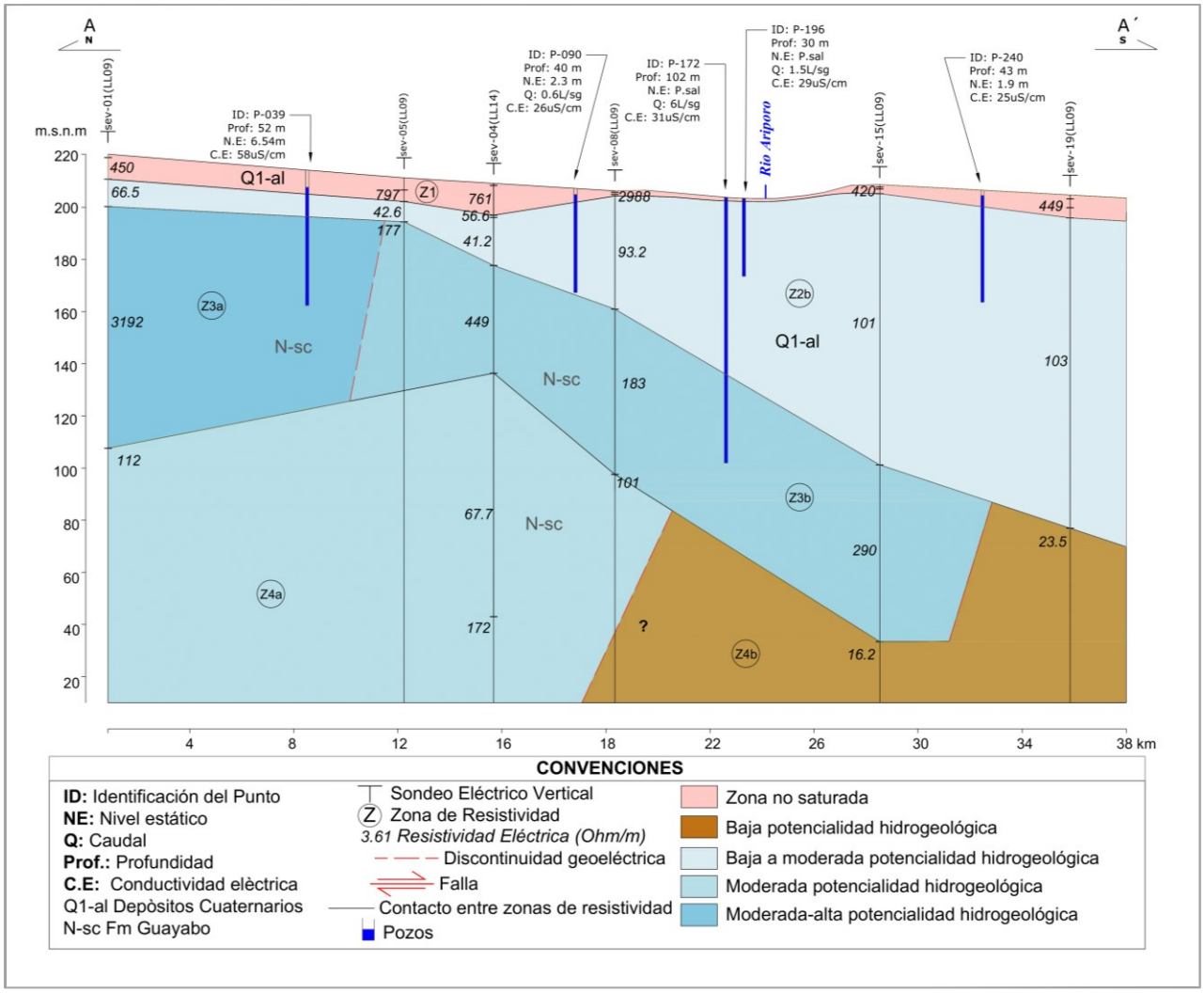


Figura 24. Corte A-A`. Fuente: Autor.

- **Perfil geológico-geoeléctrico B-B`**

El corte B-B` se encuentra en la parte occidental del área de estudio, extendiéndose desde la vereda Mangoverde hasta la Vereda Brillantina. Se describe como un perfil N-S de alrededor de 26 km, el cual está constituido por los sondeos eléctricos verticales Sev-02(LL09), Sev-03(LL09), Sev-04(LL09), Sev-07(LL09), Sev-11(LL09), Sev-14(LL09), definiendo cuatro zonas geoeléctricas importantes para su análisis.

Las dos zonas más someras corresponden con la zona Z1 y la zona Z2b. La zona Z1 se caracteriza por tener arenas, limos y arcillas asociadas a los Depósitos Cuaternarios con bajo potencial hidrogeológico. La zona Z2b, de igual manera, está compuesta por arenas limos y arcillas de moderado a bajo potencial hidrogeológico. En el área de estudio estarían captadas por algunos pozos y aljibes de la comunidad.

Infrayaciendo a las zonas anteriores se presentan las zonas Z3a y la zona Z3b,. Estas zonas tienen resistividades medias a altas, correlacionadas con areniscas medias y conglomerados saturados de la Formación Guayabo-mimbro superior, definiendo un potencial hidrogeológico medio alto a medio. La parte más superficial de estas zonas está siendo captada por pozos de la comunidad.

En general, en este perfil se pudo definir que esta parte del área de estudio tiene buen potencial hidrogeológico, tanto en la parte somera, que está siendo captada por los pobladores de la región, así como en su parte más profunda, la cual podría ser captada en la perforación de pozos más profundos (*Figura 25*).

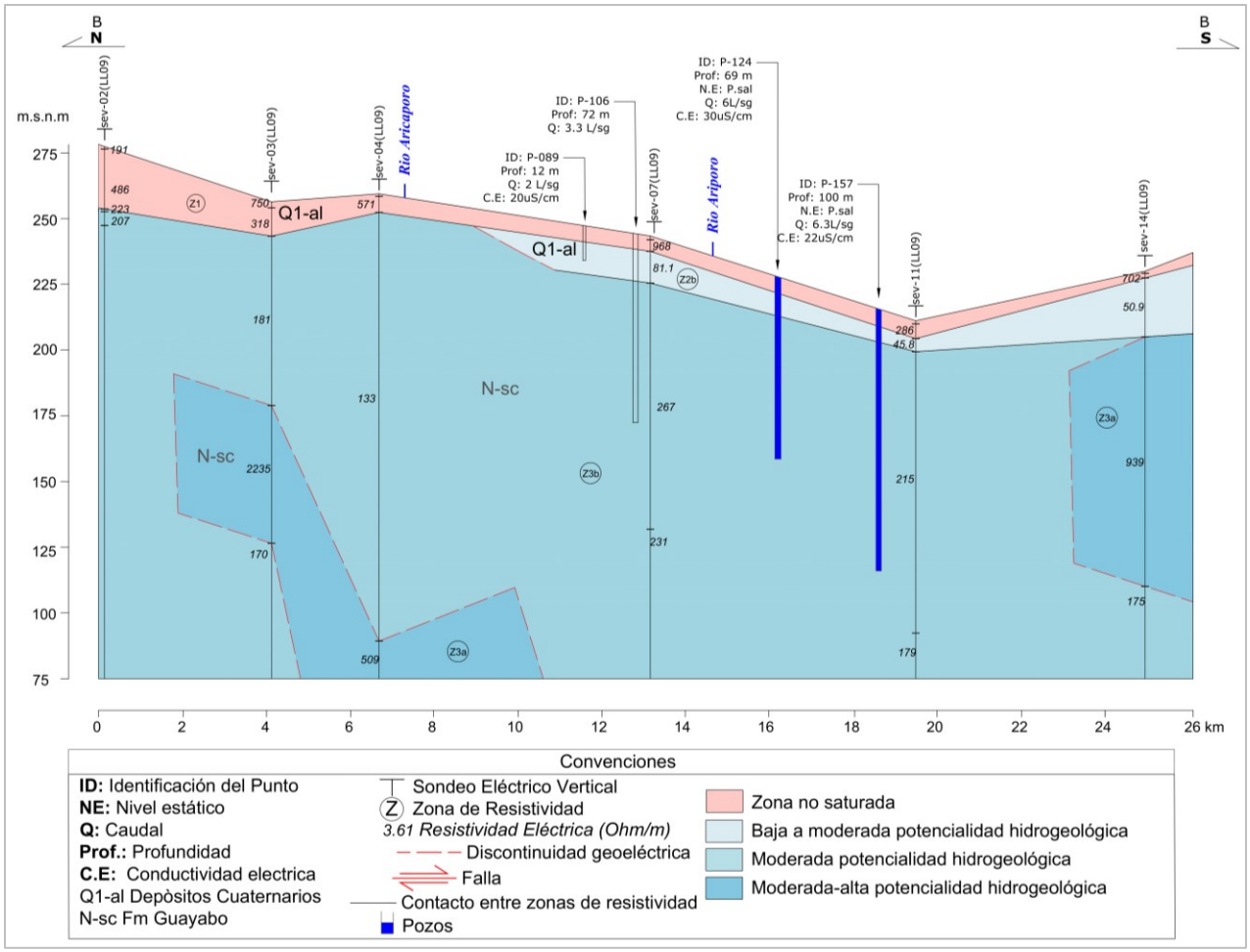


Figura 25. Corte B-B`. Fuente: Autor.

- **Perfil geológico-geoeléctrico C-C`**

El perfil C-C` se encuentra en la parte más occidental del área de estudio. Inicia cerca a la vereda Villa Graciela hasta la Vereda Brisas del Oriente. Se trazó con dirección N-S de alrededor

de 22 km de distancia, el cual está constituido por los sondeos eléctricos verticales Sev-06(LL09), Sev-10(LL09), Sev-13(LL09), Sev-17(LL09).

Al igual que los perfiles anteriores, en la parte más superficial, a lo largo de todo el perfil aparecen las zonas Z1 y Z2b, correspondientes a sedimentos arenosos, limosos y arcillosos de los depósitos cuaternarios. La zona Z1 se presenta seca, sin importancia hidrogeológica, mientras que la zona Z2b se encuentra moderada a pobremente saturada, con potencialidad hidrogeológica de media a baja. Estas zonas son captadas por algunos pozos de la comunidad.

Infrayaciendo las zonas anteriores se presentan la zona Z3a y Z3b, estando la primera en casi la mitad del perfil y la última en su extensión total. Tienen potencial hidrogeológico de moderado alto a moderado, correlacionadas con areniscas medias y conglomerados saturados de la Formación Guayabo en su miembro superior, las cuales estarían siendo captadas por algunos de los pozos con de mayor profundidad.

Infrayaciendo a la zona Z3, en la parte sur del perfil se encuentra la zona Z4a, la cual está asociada con areniscas y limolitas moderadamente saturadas, del miembro superior de la Formación Guayabo. Su potencial hidrogeológico es moderado a bajo debido a su profundidad y a las respuestas en la resistividad. No se encontraron captaciones distintivas para esta zona. En general, se definió que el sector tiene moderado a alto potencial hidrogeológico, determinándose que en varias profundidades puede haber almacenamiento y transmisión de agua subterránea. (*Figura 26*).

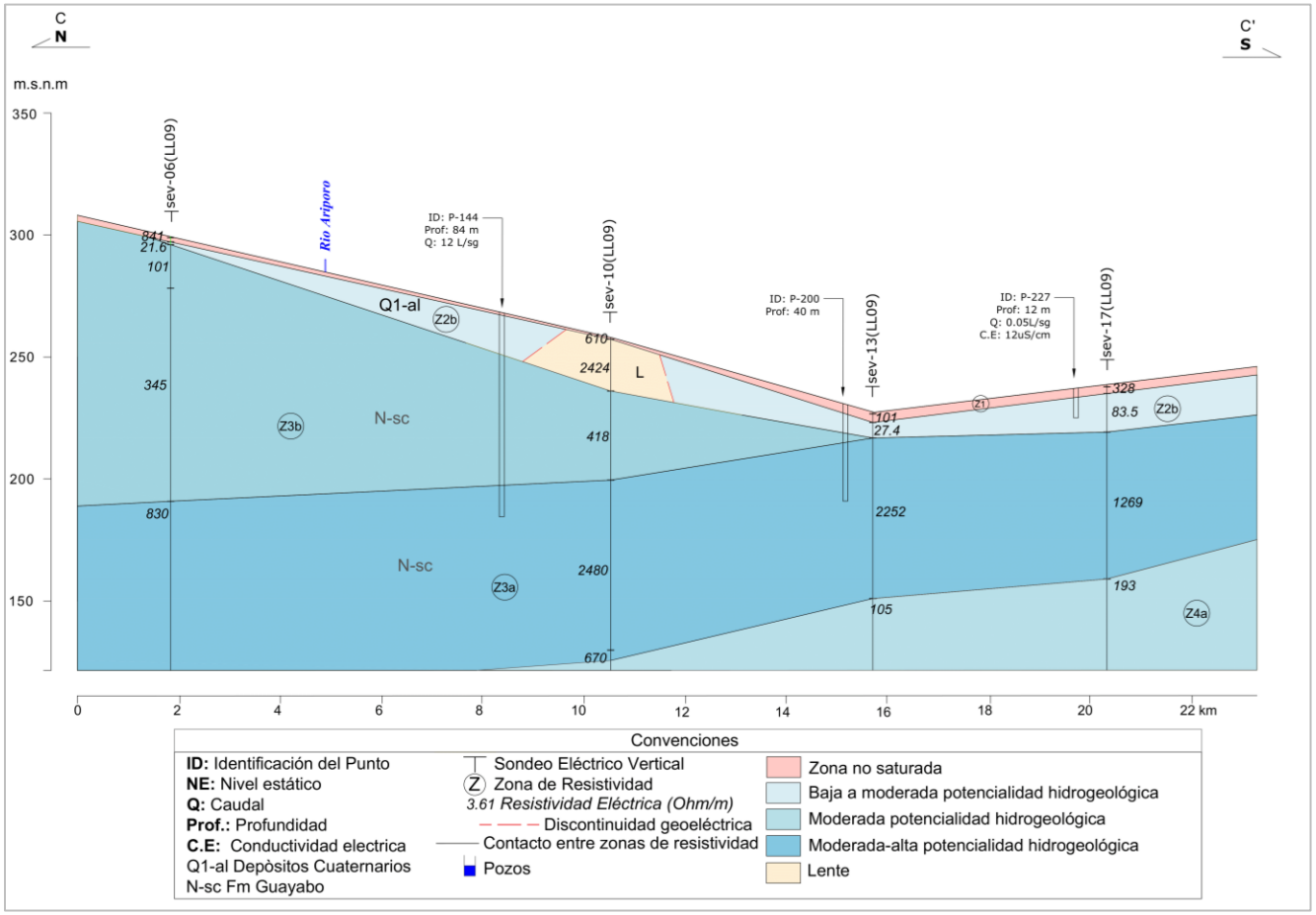


Figura 26. Corte C-C`. Fuente: Autor.

Perfil geológico-geoeléctrico D-D`

El perfil D-D` es el más occidental de toda del área de estudio; inicia en la parte oeste de la cabecera municipal de Paz de Ariporo, cerca de la vereda La Aguada, hasta el municipio de Pore. Se realizó en dirección NE-SW, con aproximadamente 16 km de longitud. Está constituido por los sondeos eléctricos verticales Sev-09(LL09), Sev-12(LL09), Sev-16(LL09), Sev-18(LL09), Sev-20(LL09).

La zona más superficial es Z1, la cual se extiende por tolo el perfil, manteniendo las mismas características de los perfiles anteriores. En el perfil se identificaron dos sectores principalmente. La zona ZA se localiza al occidente de la Falla de Ariporo, la cual se caracteriza por tener arenas finas y limos moderadamente saturados, asociada a los Depósitos de Abanicos Aluviales Antiguos. Infrayaciendo se ubica ZB, cuya correlación está dada por limolitas y arcillolitas pobremente saturadas, relacionadas a la Formación Caja. En ambas zonas geoeléctricas el potencial hidrogeológico es moderado a bajo.

Al Este de la Falla de Ariporo se definen, zonas que ya habían sido expuestas en los perfiles anteriores, teniendo identificado la zona Z3a y Z3b, compuestas por areniscas medias y conglomerados saturados de la Formación Guayabo-miembro superior. De igual manera su potencial hidrogeológico es moderado a alto. (*Figura 27*)

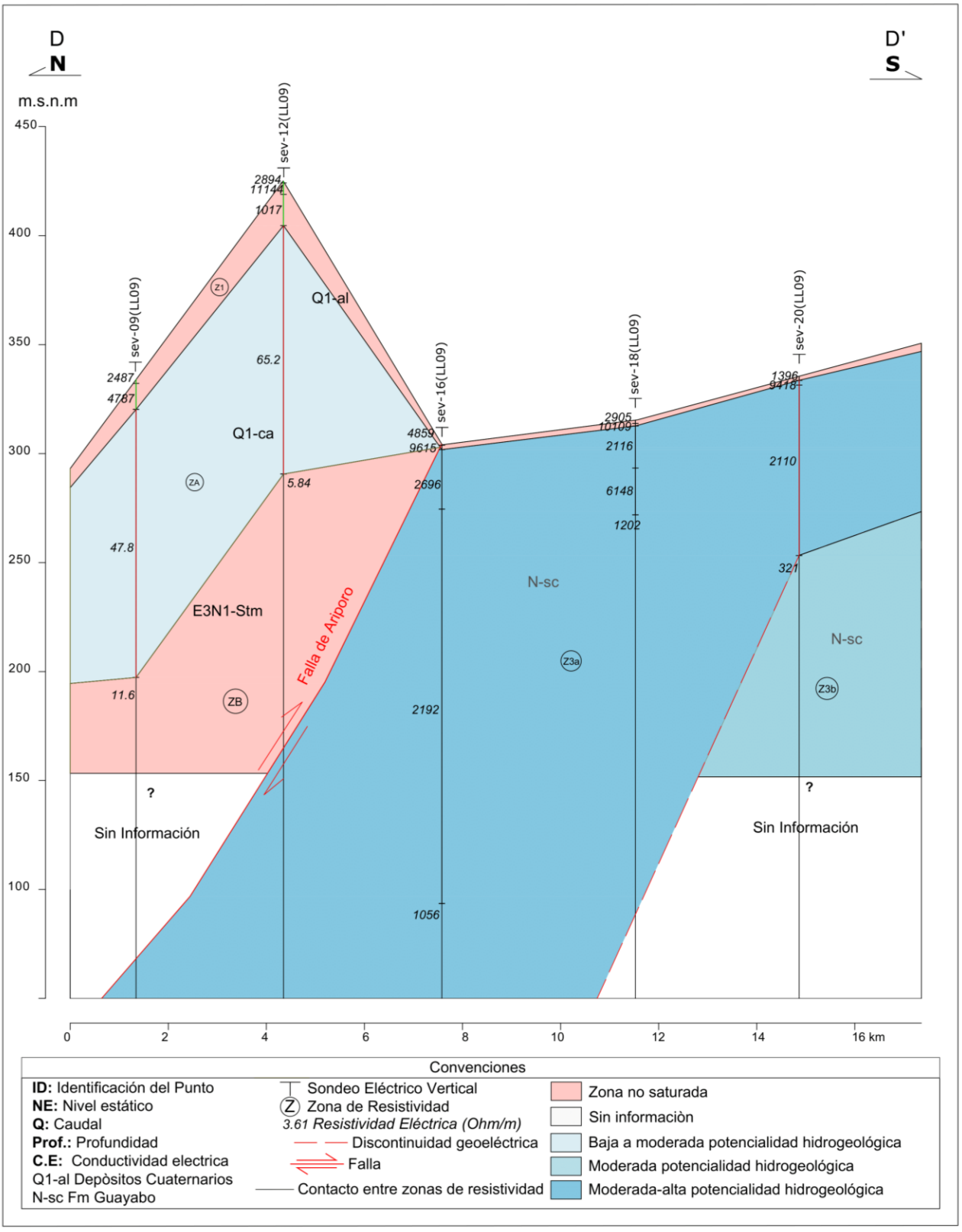


Figura 27. Corte D-D`. Fuente: Autor.

- **Perfil geológico-geoeléctrico E-E`**

El perfil E-E` está ubicado en la parte occidental de la zona de estudio, se encuentra delimitado entre los ríos Chiré y Ariporo e inicia al norte de la cabecera municipal de Paz de Ariporo cerca a la vereda Villa Graciela, con una dirección NW-SW. Está constituido por los sondeos eléctricos verticales Sev-06(LL09), Sev-07(LL09), Sev-08(LL09) y cuenta con una longitud de 14 km.

En este perfil se presentan las zonas ya definidas anteriormente, teniendo para los depósitos cuaternarios la zona Z1, correlacionada con arenas, limos y arcillas secas sin potencialidad hidrogeológica y la zona Z2b correlacionada con arenas finas a medias y arcillolitas moderada a pobremente saturadas con potencialidad hidrogeológica media a baja. Ambas zonas se extienden en todo el perfil y están siendo captadas por pozos de la comunidad.

Para la Formación Guayabo en su miembro superior se tiene las zonas Z3a, presente hacia la parte occidental del perfil y se correlaciona con areniscas y conglomerados saturados con potencial hidrogeológico medio a alto. La zona Z3b, la cual se encuentra suprayaciendo a las zonas Z3a y Z4a se correlaciona con areniscas saturadas de moderado potencial hidrogeológico. Esta zona puede estar captada por pozos de la comunidad. Finalmente, hacia la parte oriental del perfil se presenta la zona Z4a, correlacionada con areniscas y lodolitas saturadas con potencial hidrogeológico moderado a bajo.

En general, este perfil presenta potencialidad hidrogeológica moderada a alta, ofreciendo buenos recursos de agua subterránea en toda su extensión y en la profundidad interpretada. (*Figura 28*).

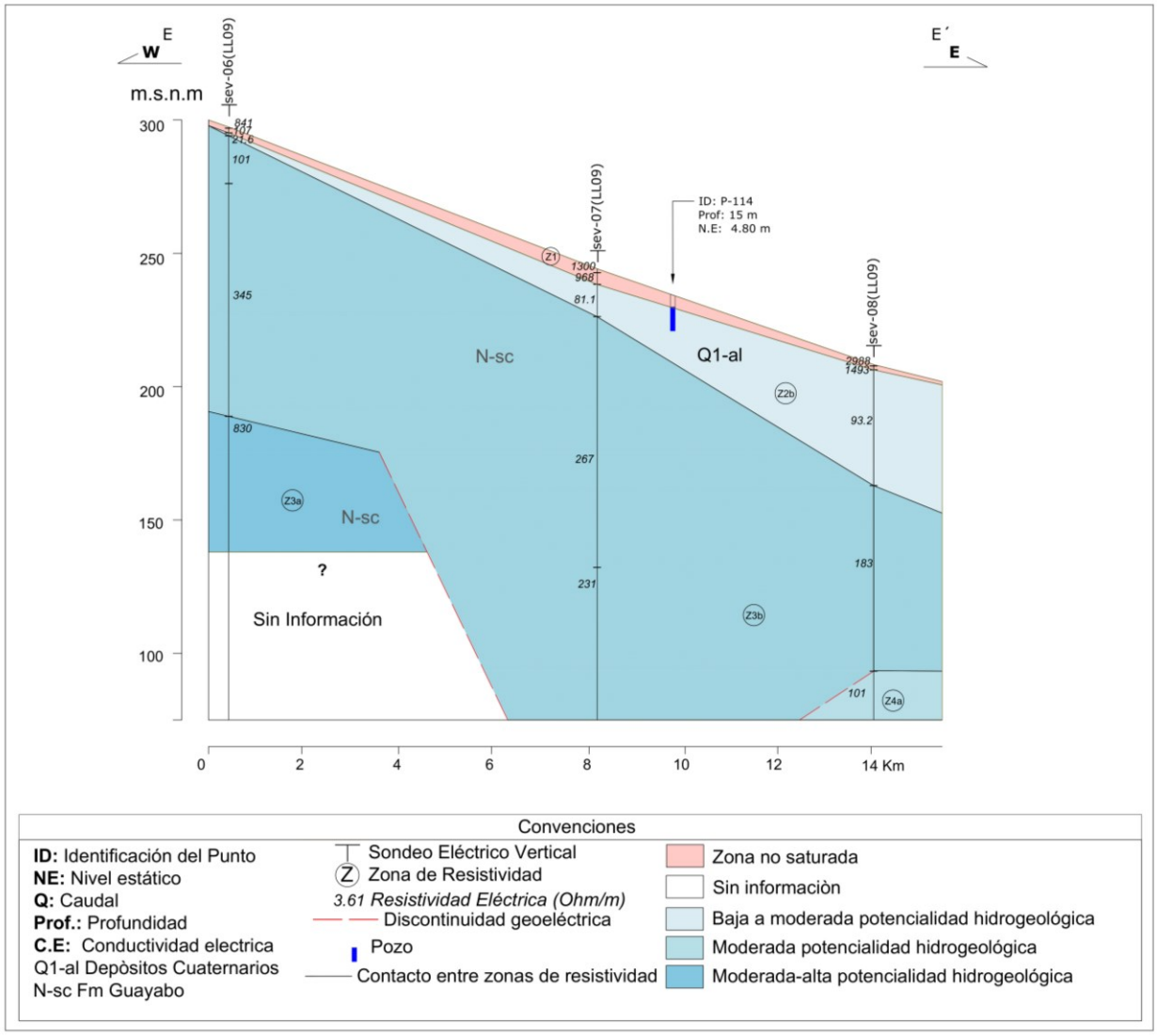


Figura 28. Corte E-E`. Fuente: Autor.

- **Perfil geológico-geoeléctrico F-F`:**

Este perfil se encuentra ubicado en el centro de la zona de estudio delimitado entre el Caño Caibao y el río Ariporo. Inicia en la vereda Santa María hasta el sector de La Argentina. Se realizó un corte con orientación N-S de alrededor de 20km de distancia, el cual está integrado por los sondeos eléctricos verticales Sev-02(LL14), Sev-05(LL14) y Sev-18(LL14).

Se presentan las zonas de resistividad de manera continua de izquierda a derecha, iniciando con la zona Z1, la cual no tiene importancia hidrogeológica debido a que se correlacionó con sedimentos secos de los Depósitos Cuaternarios, los cuales suprayacen a la zona Z2a, correlacionada con arenas medias saturadas asociados a los Depósitos Cuaternarios, cuyo potencial hidrogeológico es moderado y está siendo captada por algunos pozos de los pobladores.

Para el miembro superior de la Formación Guayabo se tiene tres zonas, dos de las cuales presentan por completo en toda la extensión del perfil. Inicia la zona Z3b correlacionada con areniscas saturadas de potencial hidrogeológico moderado, que estaría siendo captada por los pozos más profundos de la comunidad. Infrayaciendo se encuentra la zona Z4a, relacionada con areniscas y lodolitas saturadas con potencial hidrogeológico medio a bajo, las cuales suprayacen, hacia la parte derecha del perfil, la zona Z4b, correlacionada con limolitas pobremente saturadas, bajo potencial hidrogeológico; estas dos zonas no son captadas por los pozos de los pobladores del área de estudio, debido a su profundidad. (*Figura 29*)

En general las unidades hidrogeológicas definidas en el sector demuestran una potencialidad hidrogeológica moderada a baja

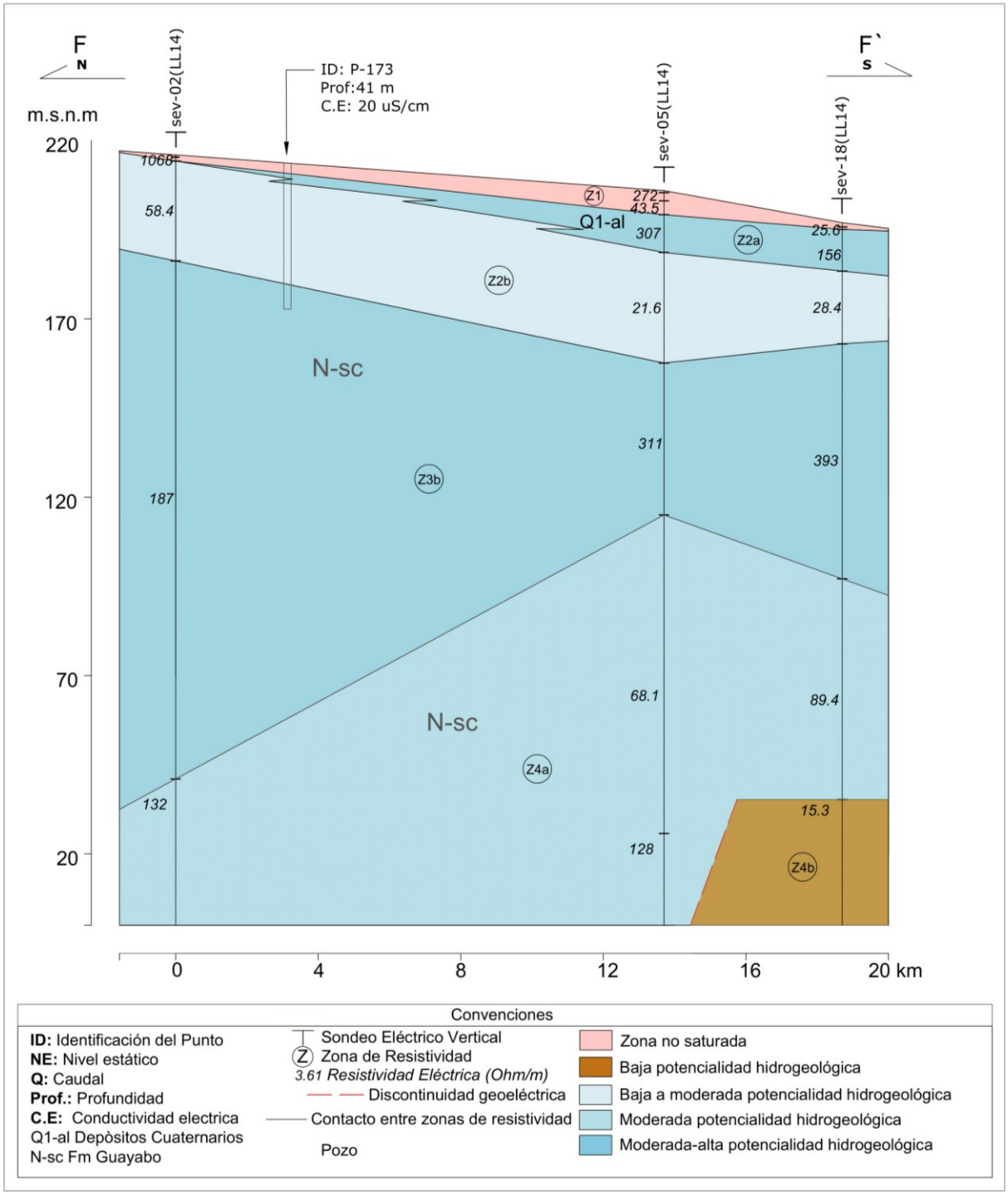


Figura 29. Corte F-F`. Fuente: Autor.

- **Perfil geológico-geoeléctrico G-G`**

Perfil ubicado en la parte central del área de estudio, iniciando en el sector la Sevilla hasta el sector Hato Aqualinda del municipio de Hato Corozal. Se trazó en dirección N-S, con alrededor de 24 km de distancia. Está constituido por los sondeos eléctricos verticales Sev-03(LL14), Sev-07(LL14), Sev-17(LL14) y Sev-20(LL14).

En la parte más somera se identificaron tres zonas de resistividad que se distribuyen de manera continua por todo el perfil de correlación. La zona Z1 está asociada a sedimentos secos de los Depósitos Cuaternarios de Llanura Aluvial y Llanura de inundación. Infrayaciendo en la parte Sur del corte, se ubica la zona Z2a, la cual está correlacionada a arenas y limos con moderada saturación de agua, lo que indicaría un moderado potencial hidrogeológico. De igual manera infrayaciendo las anteriores unidades, se ubica la zona Z2b, caracterizada por tener bajos valores resistividad, correlacionados con arenas y limos de moderada a baja saturación de agua, lo cual se infiere una zona de potencial hidrogeológico moderado a bajo. Las anteriores unidades en su mayoría están siendo captadas por algunos pozos de la comunidad.

Para el miembro superior de la Formación Guayabo se tiene la zona Z3b, correlacionada con areniscas saturadas de moderado potencial hidrogeológica, acuñándose hacia la parte central del perfil, y suprayaciendo las dos siguientes zonas, las cuales corresponden a la zona Z4a, asociada con areniscas y lodolitas saturadas, con potencial hidrogeológico moderado a bajo, que rodea a la zona Z4b, asociada con limolitas pobremente saturas, sin potencial hidrogeológico.

En general, este perfil presenta buen potencial de acumulación y transmisión de agua subterránea por parte de los acuíferos definidos, con la excepción del sector en donde se presentan las rocas pobremente saturadas. Su captación se puede realizar por medio de pozos a cualquier profundidad. (*Figura 30*).

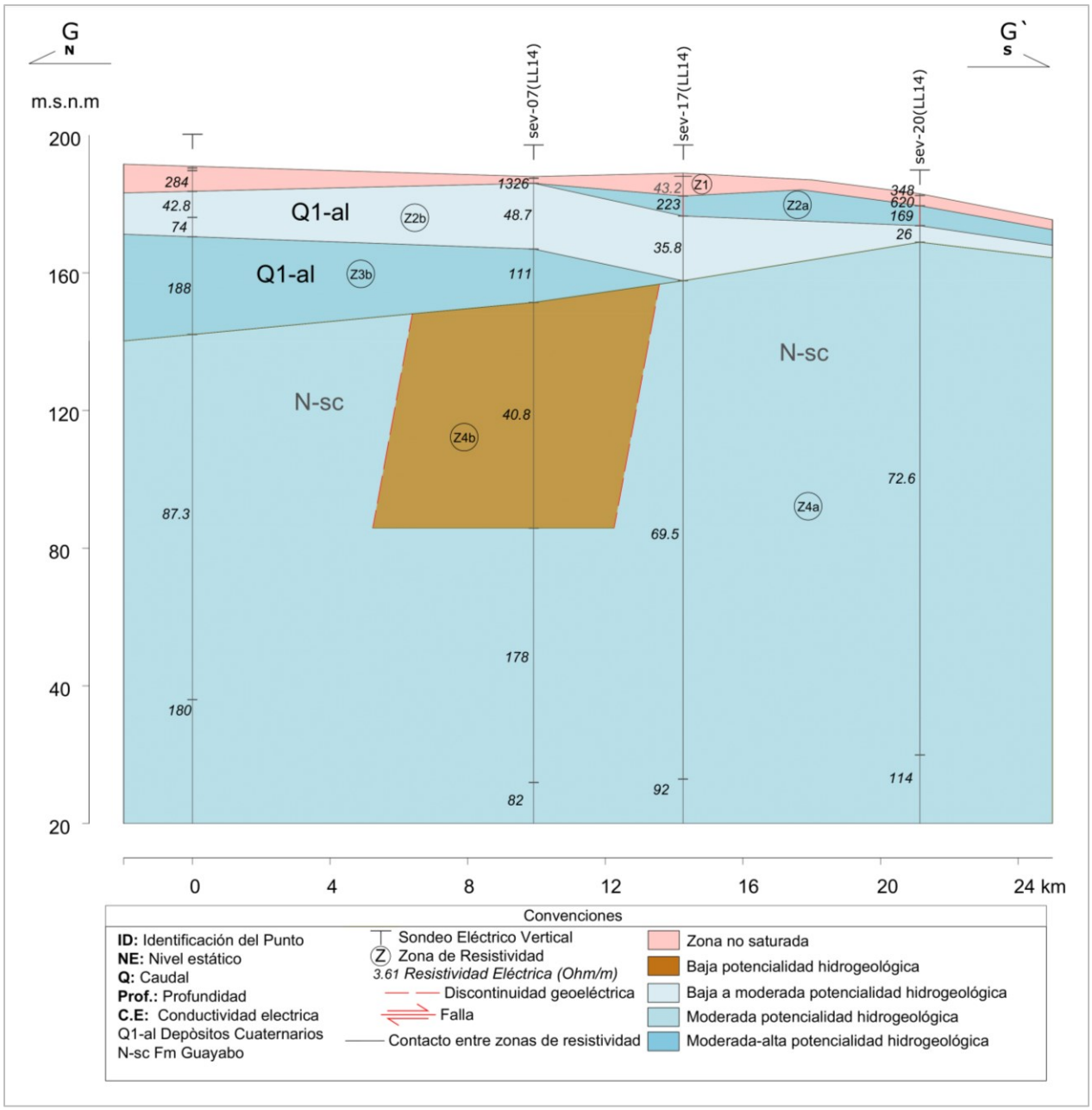


Figura 30. *Corte G-G`. Fuente: Autor.*

- **Perfil geológico-geoeléctrico H-H`**

Este perfil se encuentra ubicado en la parte más oriental del área de estudio, iniciando en el sector de Santa Clara hasta el sector San Amalio. Se trazó como un perfil NE-SW de alrededor de 20 Km de distancia, el cual contiene los sondeos eléctricos verticales Sev-10(LL14), Sev-11(LL14), Sev-08(LL14), Sev-14(LL14) y Sev-15(LL14).

La primera capa de este perfil es la zona Z1, correlacionada con arenas, limos y arcillas secas sin importancia hidrogeológica, la cual suprayace a la zona Z2a que se encuentra correlacionada con arenas medias saturadas con potencial hidrogeológico medio, que a su vez suprayace a la zona Z2b relacionada con arenas medias, limos y arcillas moderada a pobremente saturadas con potencialidad media a baja. Estas capas pertenecen a los depósitos cuaternarios, y están siendo captados por algunos pozos de la comunidad.

La Formación Guayabo en su miembro superior, fue definida por tres zonas de resistividad, dos de las cuales se presentan de manera continua en todo el perfil y una como un lente. En primera instancia, se tiene la zona Z3b correlacionada con areniscas saturadas de moderado potencial hidrogeológico, las cuales pueden estar siendo captadas por los pozos más profundos del área de estudio. Esta capa suprayace la zona Z4a cuya correlación está dada por areniscas y lodolitas saturadas, de potencial hidrogeológico moderado a bajo.Por último hacia la parte media del perfil, se presenta la zona Z4b a manera lente, caracterizada por estar constituida de limolitas moderadamente saturadas, lo cual indicaría un bajo potencial hidrogeológico Ambas capas no están siendo captadas por los pozos de los pobladores debido a su profundidad.

Este perfil en general presenta buena potencialidad hidrogeológica, mostrando que, en cualquier parte del perfil, con excepción de la zona de las limolitas de la zona Z4b, se pueden perforar pozos que aprovecharían eficientemente los acuíferos de los depósitos cuaternarios y de la Formación Guayabo. (*Figura 31*)

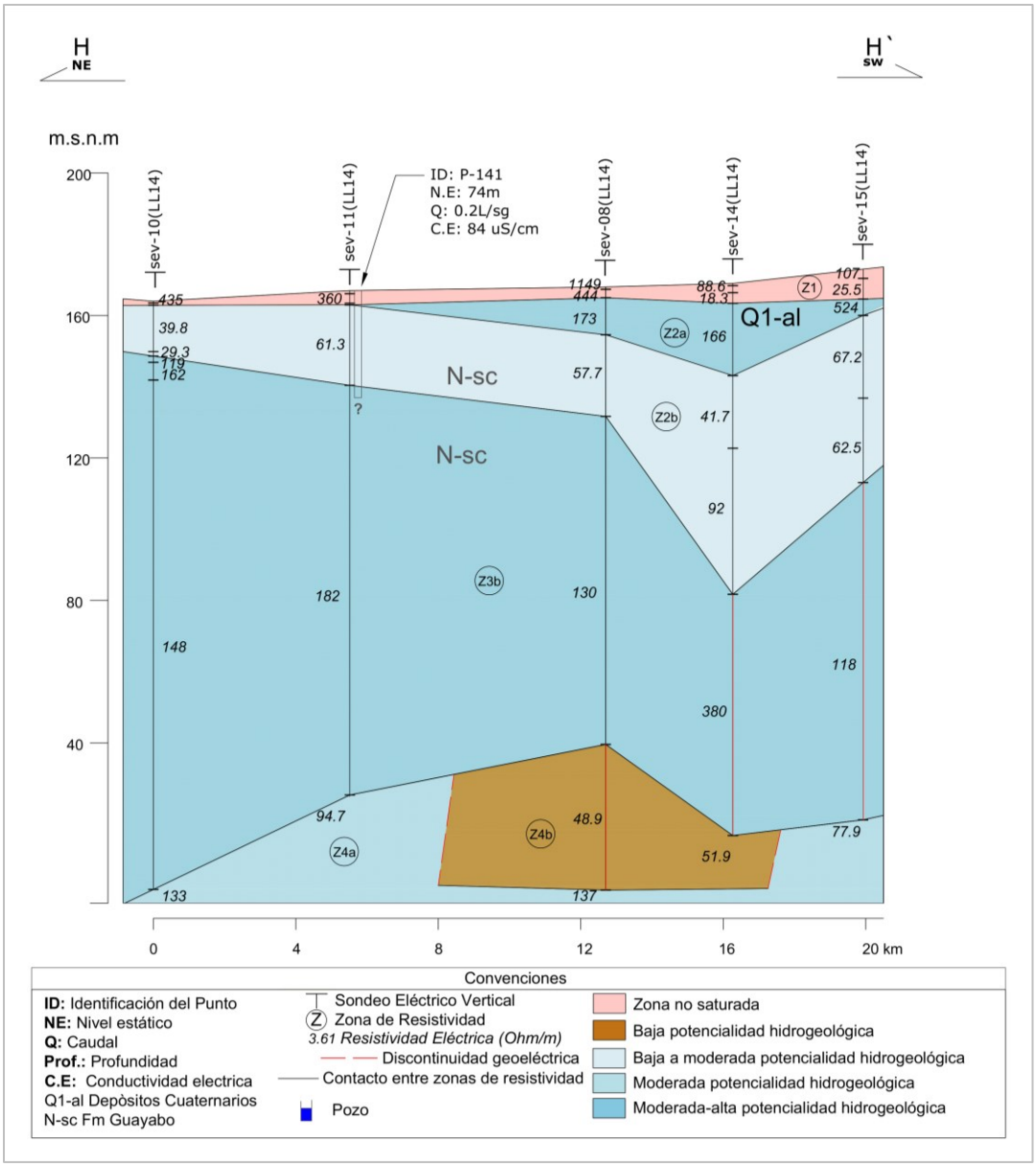


Figura 31. Corte H-H`. Fuente: Autor.

- **Perfil geológico-geoeléctrico I-I`:**

Este perfil está ubicado al norte del área de estudio, inicia en la vereda San Pedro hasta el sector de La Laguna. Se trazó como un corte W-E de alrededor de 48km de distancia, el cual está constituido por los sondeos eléctricos verticales Sev-04(LL09), Sev-05(LL09), Sev-02(LL14), Sev-03(LL14), Sev-01(LL14), Sev-12(LL14), Sev-11(LL14), Sev-09(LL14).

Cuatro de las cinco zonas definidas en este perfil se distribuyen de izquierda a derecha de manera continua. La primera capa corresponde a la zona Z1, correlacionada con sedimentos secos sin importancia hidrogeológica, los cuales suprayacen a la zona Z2b correlacionada con arenas finas a medias y limos, moderada a pobremente saturados. Ambas unidades tendrían un moderado a bajo potencial hidrogeológico.

Infrayaciendo las anteriores capas se presenta la zona Z3b, asociada a las rocas de la Formación Guayabo-miembro superior, correlacionada con areniscas saturadas de moderada potencialidad hidrogeológica, las cuales presentan espesores variables a través de todo el perfil. Esta unidad está siendo captada por algunos de los pozos del sector. Por otro lado, a la izquierda del perfil se localiza la zona Z3a, correlacionada con areniscas y conglomerados saturados de moderada a alta potencialidad hidrogeológica. Por último, se tiene la zona Z4a, relacionada a areniscas y lodolitas saturadas de moderado a bajo potencial hidrogeológico.

Este perfil es uno de los más representativos ya que corta transversalmente el área de estudio. Además, muestra el potencial de almacenaje y transmisión de agua subterránea de los Depósitos Cuaternarios y de la Formación Guayabo, a diferentes profundidades. (*Figura 32*)

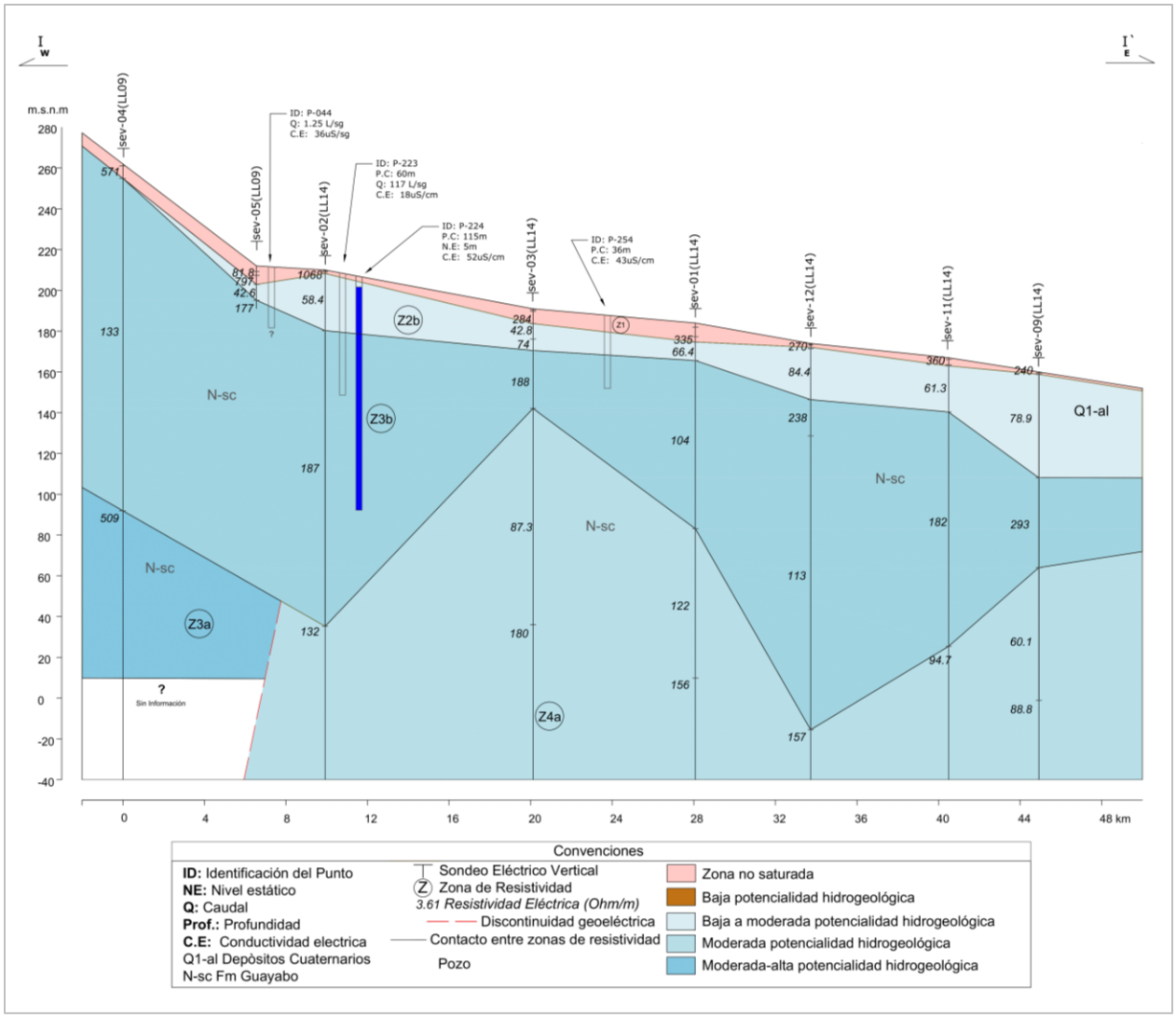


Figura 32. Corte I-I`. Fuente: Autor

- **Perfil geológico-geoeléctrico J-J`**

Este perfil se encuentra ubicado en la zona sur del área de estudio, dentro de la influencia del Rio Ariporo. Inicia al Este del municipio de Paz de Ariporo, en el sector la Laguna Negra, hasta el sector de San Amalio. Se trazó como un perfil W-E de alrededor de 56 km de distancia, el cual está integrado por los sondeos eléctricos verticales Sev-09(LL09), Sev-10(LL09), Sev-11(LL09), Sev-05(LL14), Sev-07(LL14), Sev-06(LL14), Sev-16(LL14), Sev-15(LL14) y Sev-13(LL14).

Al igual que en algunos perfiles anteriores, en este perfil se presenta los dos sectores separados por la Falla de Ariporo. En el sector Oeste de la falla se ubica la zona de resistividad ZA correlacionada con arenas finas y limos, pobremente saturados de los Depósitos de Abanicos Aluviales Antiguos. Infrayaciendo, se encuentra la zona de resistividad ZB, la cual se correlaciona con limolitas y arcillolitas pobremente saturadas de la Formación Caja. Ambas unidades tienen bajo potencial hidrogeológico, debido a su posición estratigráfica y a su respuesta geoeléctrica.

Al Este de la falla se presentan zonas continuas que comprenden también otras unidades geoeléctricas a manera de lentes. Por consiguiente, se localiza la zona Z2b correlacionada con arenas y arcillas, que contienen la zona Z2a, asociada a sedimentos un poco menos arcillosos. Ambas unidades se caracterizan por tener moderado a bajo potencial hidrogeológico, debido a la respuesta en la saturación de agua. Estas zonas corresponden a sedimentos de los Depósitos Cuaternarios que son captados por aljibes y pozos someros del área de estudio.

Infrayaciendo estas capas se presenta la zona Z3b, cuya composición esta dada por areniscas saturadas de moderado potencial hidrogeológico y la zona Z3a, la cual corresponde a areniscas y conglomerados saturados con potencial hidrogeológico medio a alto. Ambas zonas pertenecen a las rocas de la Formación Guayabo, miembro superior, y estarían siendo captadas por pozos profundos del sector.

Las capas anteriores suprayacen a la zona Z4a y Z4b. Esta última se presentaría como lentes, ubicados hacia la parte central y oriental del perfil, perteneciendo también a la Formación Guayabo en su miembro superior. La zona Z4a se correlaciona con areniscas y lodolitas saturadas, mientras que la zona Z4b, está correlacionada con limolitas moderada a pobremente saturadas. Por la profundidad de estas dos zonas se considera que el potencial hidrogeológico es moderado a bajo.

En general, este perfil presenta una caracterización generalizada en cuanto al potencial hidrogeológico se refiere. Cada uno de las unidades definidas permite inferir una gran variedad de contraste para la potencialidad hidrogeológica (Media-Alta), ofreciendo recursos de agua subterránea que puede ser explotados en cualquier parte y a cualquier profundidad estudiada. (*Figura 33*).

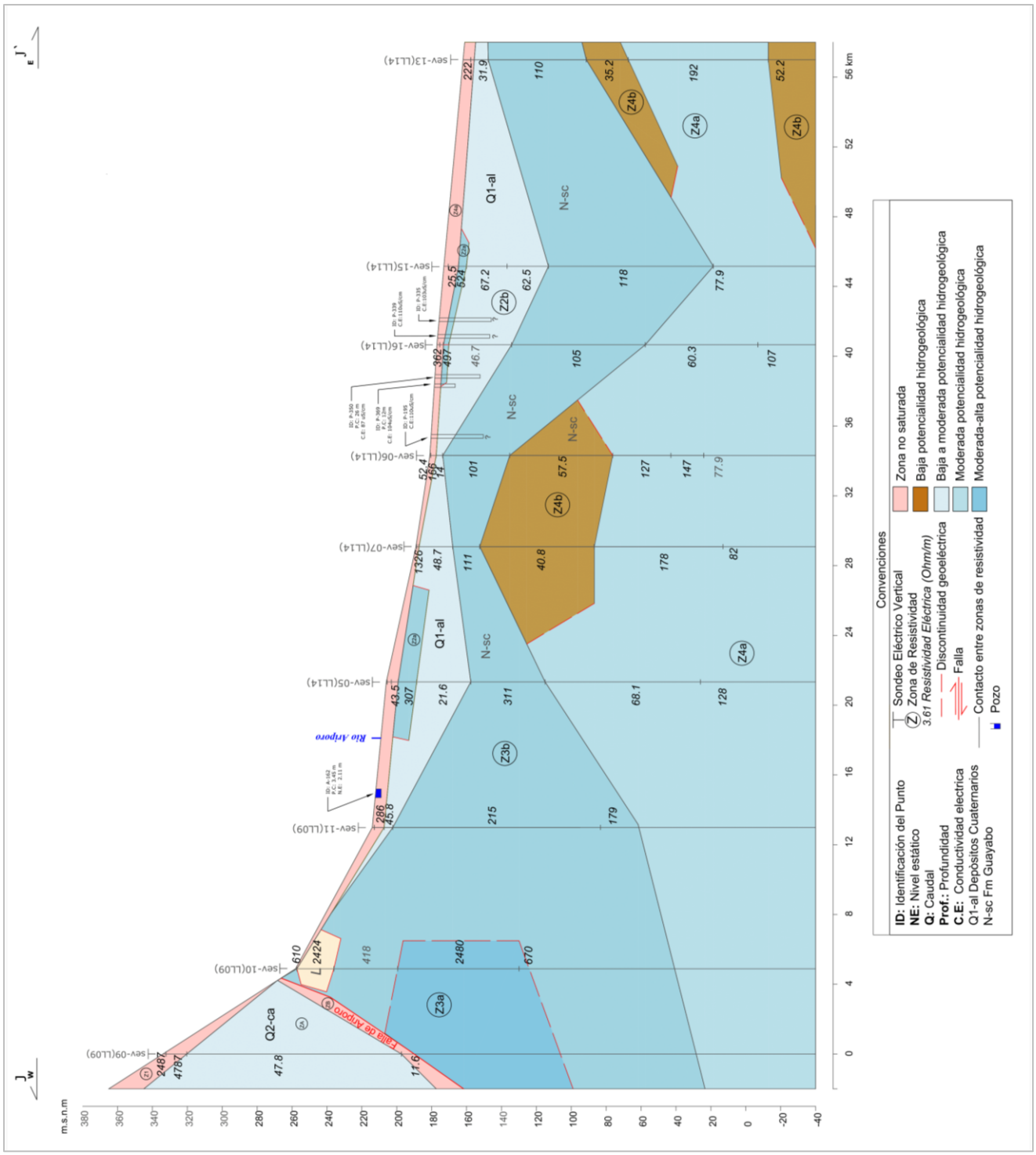


Figura 33. Corte J-J`. Fuente: Autor

10.2.2.3 Mapas de isoprofundidades y espesores de las zonas de resistividad eléctrica.

el cual aplica y calcula de manera adecuada, la interpolación por medio de los métodos de kriging/ cokriging.

- **Mapa de isoprofundidades o isoespesores de la zona de resistividad Z1**

La zona Z1 se ha definido como una unidad no saturada, con espesor o profundidad base continuo a lo largo del área de estudio. Hacia el sector Noroccidental se localiza la mayor profundidad de Z1, la cual estaría asociada a la topografía más abrupta del lugar, relacionada a las unidades de Depósitos Cuaternarios de Abanicos Recientes y Antiguos, y la Formación Caja. Los espesores o profundidades base se encuentra entre el rango de 0.4 y 23 metros.

Cabe resaltar que el mapa describe las variables de profundidad y espesor de manera similar, ya que, la primera profundidad de Z1 correspondería al primer espesor de la capa geoeléctrica.

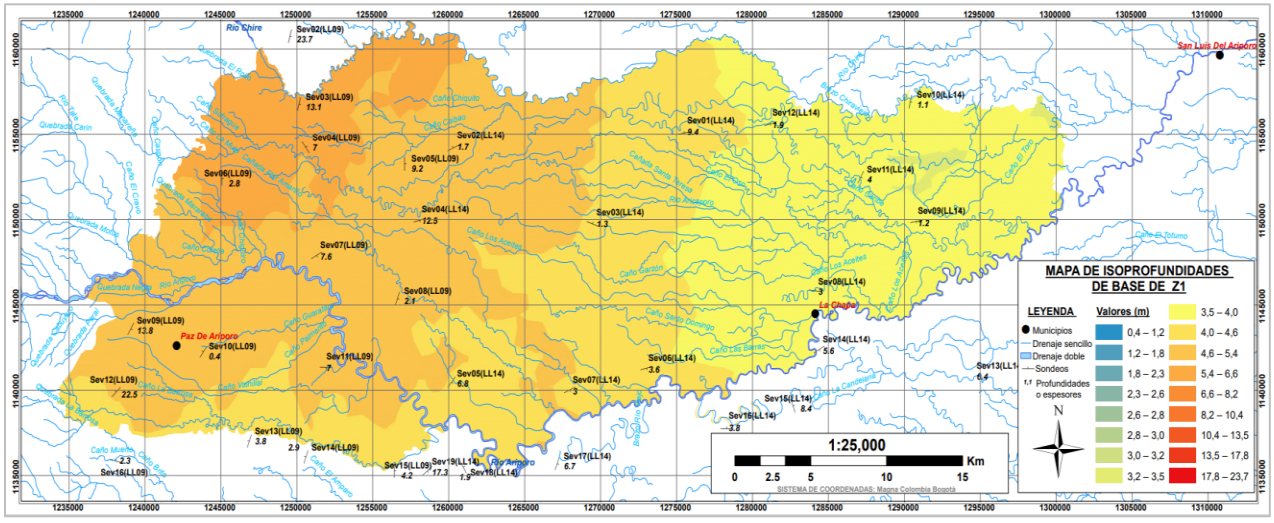


Figura 34. *Mapa de isoprofundidades o espesores de Z1. Fuente: Autor.*

- **Mapas de isoprofundidades e isoespesores de zona de resistividad Z2**

A partir de los resultados de la interpretación geoeléctrica para cada uno de los sondeos, se determinaron las zonas Z2a y Z2b, correlacionadas a dos unidades geológicas en general; Depósitos Cuaternarios y los primeros niveles de la Formación Guayabo. Las caracterizaciones en cuanto a la resistividad y su respectiva asociación hidrogeológica, hacen de estas dos unidades similares entre sí, con ciertas diferencias que las hace contrastar, por lo tanto, se toman como una sola unidad llamada Z2.

De esta manera se realizan mapas de isoprofundidades e isoespesores con la confluencia en la información de las dos unidades anteriores, relacionándolas a una zona de moderado a alto potencial hidrogeológico. Es de importancia identificar la posible geometría de los niveles que puedan comportarse como acuíferos, ya que presentarían las mejores características en cuanto al transmisividad y almacenamiento de agua subterránea.

Según la *Figura 35*, se presentan dos sectores que demarcan dos rangos de isoprofundidades en general. En la parte Central y Oriental del área de estudio se determinan profundidades base entre 50 y 120 metros y en las partes occidental y centro-oriental demarcan valores entre 1 y 20 metros.

Por otro lado, en la *Figura 36* se presentan de igual manera dos sectores definidos para estas zonas de resistividad. Los mayores espesores se ubican en la parte media y en la parte occidental de la zona de estudio, con valores que oscilan entre 40m hasta 120m de espesor,

indicando que, estos sectores tendrían una geometría más extensa para poder aprovechar el agua subterránea.

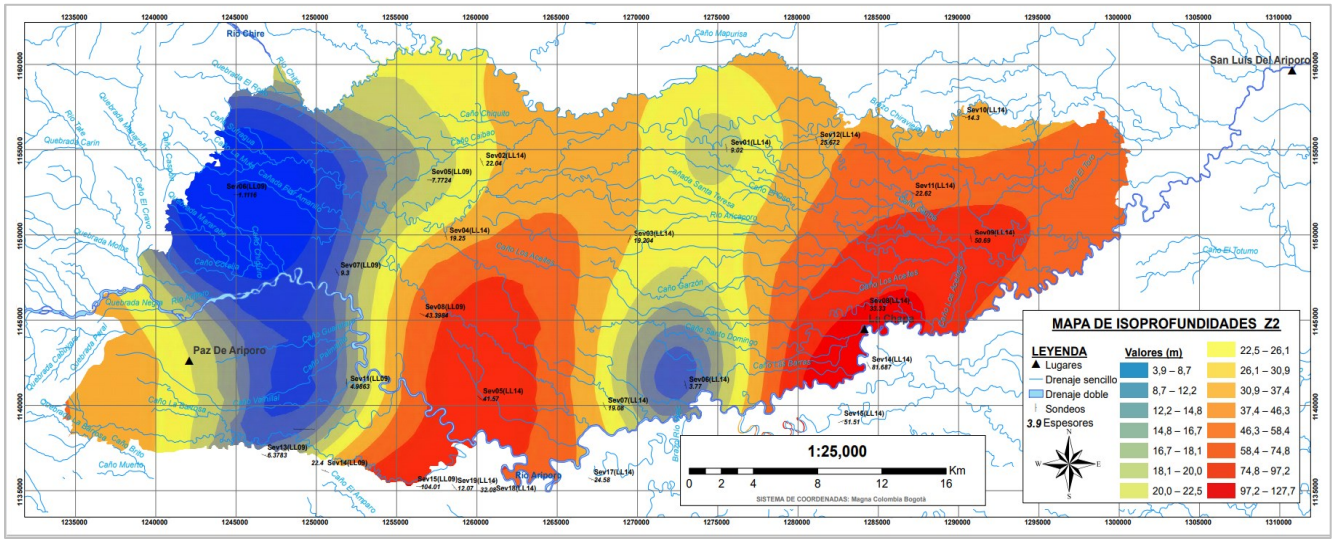


Figura 35. Mapa de isoprofundidades Z2. Fuente: Autor

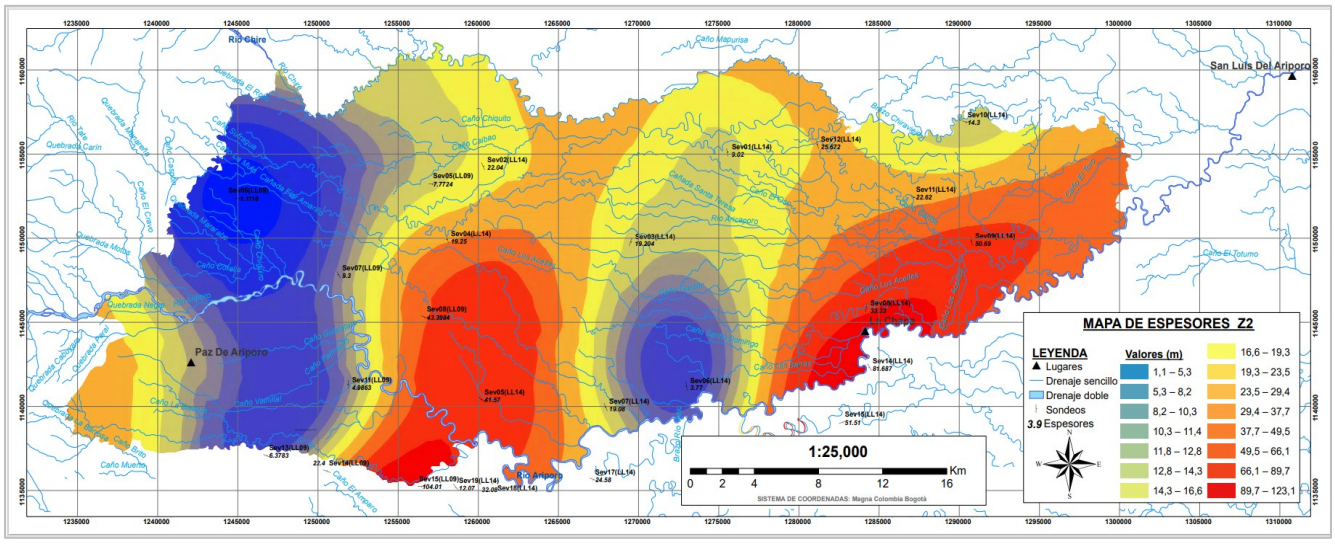


Figura 36. Mapa de espesores Z2. Fuente: Autor.

- **Mapas de isoprofundidades e isoespesores de zona de resistividad Z3**

Al igual que la consideración anterior, las zonas de resistividad Z3a y Z3b se unificaron para determinar su análisis de profundidad y de espesor, teniendo en cuenta que, estas zonas fueron correlacionadas con areniscas y conglomerados saturados de la Formación Guayabo, en su miembro superior, las cuales tiene de alta a moderada potencialidad hidrogeológica.

En la *Figura 37* se presentan las profundidades con los valores más considerables del área de estudio, localizados en su mayoría en el sector occidental y oriental de la zona delimitada. Se caracterizan por tener unas profundidades que oscilan entre 100 a 200 metros. Por otro lado, hacia la parte central del área de estudio, se encuentran valores de baja profundidad, los cuales oscilan entre 35 a 80 m.

En la *Figura 38* se observa que la zona Z3 relacionada a los niveles de la Formación Guayabo, muestra los espesores que oscilan entre los 90 y 125 metros (Sector Centro-Occidental)

Esto importante mencionar ya que, estas zonas son las de mayor potencialidad hidrogeológica del área de estudio y podrían brindar una fuente de abastecimiento de agua para la comunidad del área de estudio.

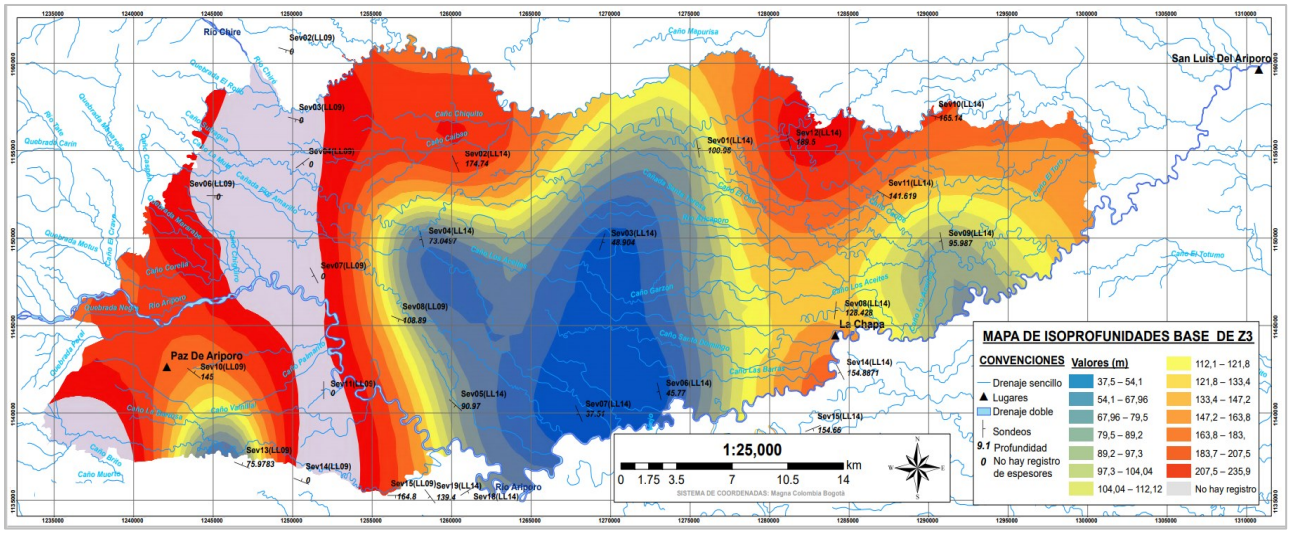


Figura 37. Mapa de isoprofundidades Z3. Fuente: Autor.

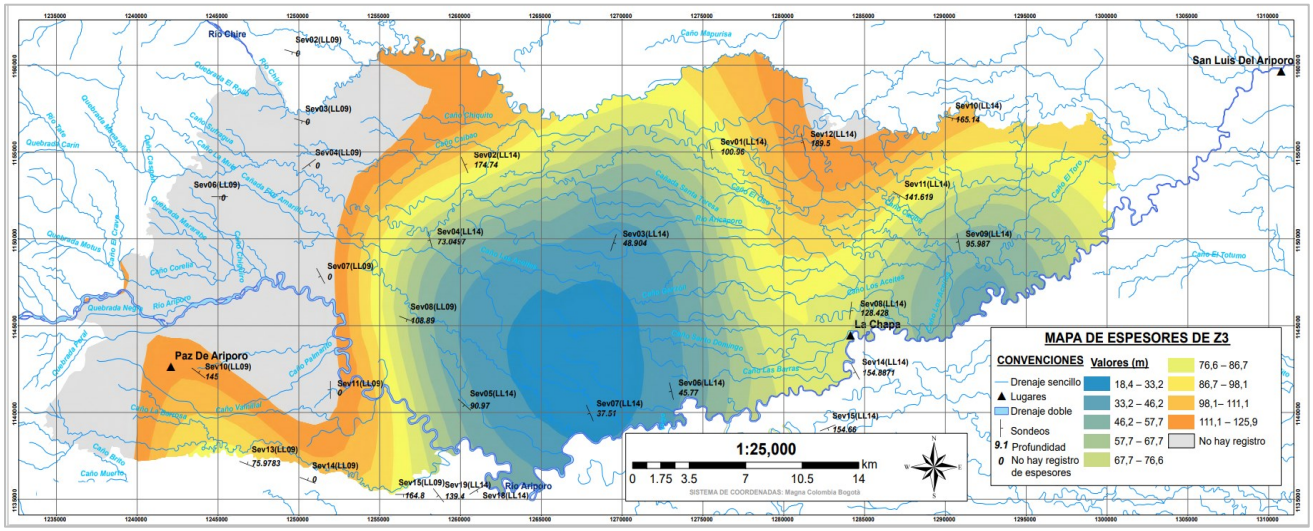


Figura 38.Espesores Z3. Fuente: Autor.

10.4 Pruebas de bombeo

Para comprender a mayor profundidad los acuíferos, se llevan a cabo pruebas de bombeo, con el fin de entender las propiedades hidráulicas tales como transmisividad, capacidad específica, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento. En este tipo de pruebas se extrae agua de los pozos por un tiempo determinado, ya sea con un caudal constante o un caudal variable, monitoreando la evolución del agua, de acuerdo a los niveles de descensos y tiempo determinado.

Así mismo, en las pruebas de bombeo se incluye el análisis de la recuperación de los niveles de agua, con el propósito de efectuar interpretaciones una vez el bombeo ha finalizado. La interpretación cualitativa de las curvas de tiempo con respecto al abatimiento, suministra aparte información como, como bordes impermeables cercanos, posible interacción entre acuíferos, zonas de recarga y descarga, entre otros.

Para poder entender un poco más sobre los parámetros hidráulicos, se analizó y validó información secundaria de cinco pruebas de bombeo realizadas como parte del EIA de 2013 del Campo Llanos 14 (*Figura 39* y *Tabla 8*) Las características de las pruebas son las siguientes:

- Los cinco pozos utilizados para las pruebas tienen profundidades que varían entre los 35 a 86 metros
- La captación se da en acuíferos de los Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al) y de la Formación Guayabo-miembro superior.
- Los niveles de la tabla de agua varían desde la superficie del terreno hasta los 2,9 metros.
- El caudal que se empleó es constante y varía entre las pruebas desde los 1,9 a 5,27 l/s.

- Para la determinación de las características hidráulicas se utilizó el método de Walton y para los datos de recuperación se interpretó por medio del método de Recuperación de Theis.

Tabla 8. Localización de los pozos.

Pozo/ Prueba de bombeo	Coordenadas Origen Colombia Bogotá		Predio	Profundidad. (m)	Unidad acuífera
	Este	Norte			
Pozo El Vergel	1266512	1149477	Santa Teresa	50	Q1-al + Fm Guayabo
Pozo La Fortuna	1260968	1156535	Berlín	63	Q1-al + Fm Guayabo
Pozo La Gavana	1264582	1142050	Argentina	60	Q1-al + Fm Guayabo
Pozo El Desafío	1277654	1138799	Cañadotes	35	Q1-al + Fm Guayabo
Pozo Nuevo Mundo	1258384	1128596	Labrancitas	86	Q1-al + Fm Guayabo

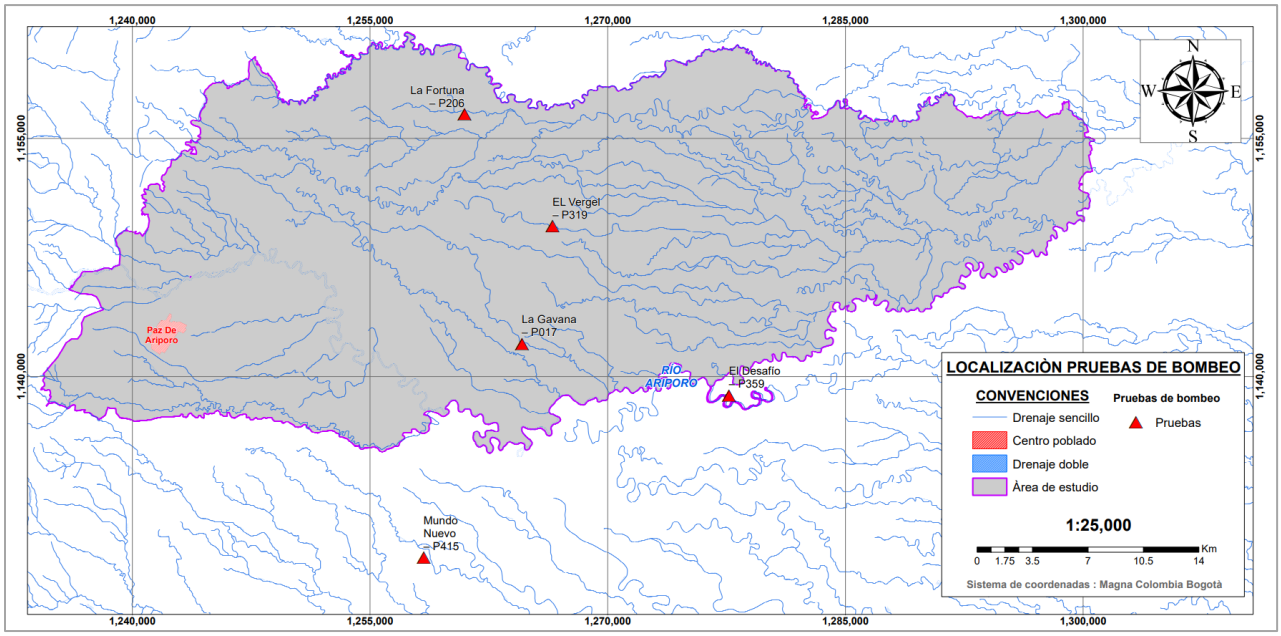


Figura 39. Localización de las pruebas de bombeo.

10.4.1 Parámetros Hidráulicos.

Los resultados presentados en la *Tabla 9* indican que, los acuíferos captados tienen capacidades específicas característicos de acuíferos de baja a mediana productividad, cuyas conductividades hidráulicas se asocian con sedimentos de muy a baja permeabilidad, mientras que los coeficientes de almacenamiento muestras que tienen un comportamiento de semiconfinado a confinado, indicando que los niveles captados corresponderían a capas permeables dela formación guayabo en su miembro superior.

Tabla 9. Parámetros hidráulicos de los pozos de abastecimiento de agua subterránea. Tomado del EIA Llanos 14.

Parámetros	**M. de Interpretación**	**Identificación del Punto de Agua**				
		El Vergel	La Fortuna	La Gavana	El Desafío	Mundo Nuevo
Nivel Estático - NE (m)		2,25	0*	0*	2,92	2,11
Nivel Dinámico - ND (m)		5,89	2,34	5,02	6,82	4,21
Abatimiento - s (m)		3,64	2.34	5,02	3,9	2,1
Caudal de la prueba de bombeo (l/s)		2,06	5,27	2,06	1,9	2,57
Capacidad específica - Ce (l/s/m)		0,57	2,25	0,57	0,49	1,23
		Baja	Alta	Baja	Baja	Moderada
Radio de Influencia (m)		1.214,3	2.503,8	1.093,5	1.784,1	1.725,5
Transmisividad - T (m^2/día)	Walton	3,67E+1	1,67E+2	2,65E+1	3,22E+1	8,66E+1
	Recuperación Theis	6,35E+1	4,85E+2	7,89E+1	6,96E+1	1,76E+2
Conductividad - K (m/día)	Walton	2,04	9,29	1,47	2,68	3,61de
	Recuperación Theis	3,53	26,9	4,38	5,8	7,33
C. Almacenamiento – S	Walton	9,69E-5	9,96E-5	9,97E-5	4,92E-5	1,33E-4
Tipo de acuífero		Confinado	Confinado	Confinado	Confinado	Semiconfinado
Acuífero captado		Q1-al + Guayabo	Q1-al + Guayabo	Q1-al + Guayabo	Q1-al + Guayabo	Q1-al + Guayabo
***Para efectos de cálculos se tomó el nivel estático del pozo saltante como cero.**						

10.5 Unidades hidrogeológicas

Una de las finalidades más importantes en la caracterización hidrogeológica para el desarrollo de un modelo conceptual, es conocer el potencial hidrogeológico mediante información de la capacidad de almacenamiento y transmisividad del agua en el medio rocoso. Por lo tanto, se debe tener claro, cuáles serán unidades hidrogeológicas que estarán dentro de la influencia del sistema mismo, sus características principales y las relaciones entre estas.

La zona de estudio se encuentra ubicada en el área noroccidental del departamento del Casanare, entre los municipios de Pore y Paz de Ariporo y así mismo está delimitado por dos ríos principales; en el norte por el Rio Chirè y en el Sur por el Rio Ariporo. En el área se han llevado a cabo pocos estudios relacionados a la caracterización hidrogeológica del medio, de manera que se ve la necesidad de poder entender un contexto generalizado de la región.

Como ya se presentó en los capítulos de geología regional y geología local, en el área de estudio se tiene la presencia de unidades neógenas aflorantes como lo son la Formación Caja (E3N1 stm) cuya litología está constituidas por areniscas cuarzosas y conglomerados matriz soportados y la Formación Guayabo (N-sc), la cual infrayace a los Depósitos Cuaternarios, tiene un espesor estimado entre los 1.000 y 3.000 metros y se divide en dos miembros principalmente, el miembro superior predominante en areniscas y arcillas arenosas y el miembro inferior predominante en arcillolitas, limolitas y ocurrencias de carbones, siendo el primer miembro, el registrado por los sondeos eléctricos verticales y captado por los pozos más profundos

De igual manera en superficie se presentan los Depósitos Cuaternarios que suprayacen a las formaciones Neógenas, los cuales son; Depósitos del Cauce Actual (Q-al), Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al), Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-al), Depósitos de Abanicos Aluviales Antiguos (Q1-ca), Depósitos de Abanicos Aluviales Recientes (Q2-ca) y los Depósitos Coluviales (Q-co); estos sedimentos están constituidos, dependiendo del ambiente de depositación por gravas, arenas, arcillas y limos con bajo grado de consolidación.

Todas las unidades anteriormente descritas presentan porosidad primaria. La extensión lateral y espesor se encuentran limitados por el ambiente de depositación particular de cada uno de los sedimentos y rocas descritas, permitiendo una buena a moderada permeabilidad que almacena y transmite el agua subterránea de manera adecuada y eficaz.

A continuación, en *Tabla 10* se presentan las unidades geológicas evaluadas según su potencialidad hidrogeológica, a partir del análisis de la información de inventario de puntos de agua subterránea, prospección geoeléctrica e hidrogeoquímica disponible, siguiendo la metodología que usa el Servicio Geológico Colombiano para la definición de la leyenda hidrogeológica.

Tabla 10. Unidades hidrogeológicas. Fuente: Autor

UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	CARÁCTERÌSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA
SEDIMENTOS Y ROCAS CON FLUJO ESCENCIALMENTE INTERGRANULAR			
Formación Guayabo, Miembro Superior (N-Sc)	Areniscas friables de color pardo a gris claro, limolitas, arcillolitas arenosas grises con algunos horizontes de arcillas.	Acuíferos multicapa, semiconfinados a confinados de extensión regional, conformados por sedimentos neógenos moderadamente consolidados de ambiente continental. Almacenan agua apta consumo humano por lo general sin tratamiento alguno	Acuífero de mediana productividad-Acuífero-Capacidad específica mayor a 2,0 l/s/m
Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-al) Depósitos de Abanicos Antiguos (Q1-ca) Depósitos de Abanicos Aluviales Recientes (Q2-ca) Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al)	Limos y arcillas, intercalaciones de arenas de cuarzo con tamaño de grano medio a muy fino. Gravas consolidadas de matriz arenosa a arcillolimosas,	Acuíferos multicapas libres a semiconfinados de extensión local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados con variabilidad de tamaño de grano. Almacenan agua subterránea apta para su consumo sin tratamiento alguno	Acuíferos de media - baja productividad, capacidad entre mayores a 0,5-2.0 l/s/m
Depósitos de Cauce Actual (Q-al) Depósitos Coluviales (Q-co) Formaciones Caja (E3E1-Stm)	Barras de arenas, arcillas, limos y grava. Areniscas cuarzosas de tamaño fino y conglomerados matriz soportados con limolitas de moderada compactación	Sistemas acuíferos multicapa, semiconfinados a confinados de extensión semirregional conformados por sedimentos neógenos moderadamente consolidados. Ambos sistemas almacenan agua apta para su consumo sin tratamiento alguno	Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m

10.5.1 Acuífero de media a baja productividad-Capacidad específica entre 0.5 y 2,0 l/s/m

En este grupo se encuentran las rocas moderadamente consolidadas neógenas de la Formación Guayabo (N-Sc), en su miembro superior, compuestas por areniscas friables, limolitas, arcillolitas arenosas con algunos horizontes de arcillas verdes y abigarradas, las cuales conforman acuíferos multicapa, semiconfinados a confinados de extensión regional.

En el área de estudio, la Formación Guayabo (Nsc) se encuentran cubierta por los Depósitos Cuaternarios, estando registrada en la mayoría de los sondeos eléctricos verticales.

Se determinan cuatro zonas de resistividades eléctricas; la Zona Z4b asociada a capas de limolitas moderadas a pobremente saturadas de bajo importancia hidrogeológico, cuyas resistividades van de 15,3 a 57,5 Ohm/m, la zona Z4a con resistividades de 60,1 a 193 Ohm/m, relacionada con intercalaciones de limolitas y areniscas saturadas con moderado a bajo potencial hidrogeológico, la zona Z3b con resistividades de 101 a 449 Ohm/m relacionadas con areniscas saturadas de moderado potencial hidrogeológico, la zona Z3a con resistividades de 509 a 3.192 Ohm/m asociadas con areniscas medias a conglomerados de moderada a alta potencialidad hidrogeológica.

En relación con la captación de este acuífero por la comunidad, de acuerdo con la profundidad de los pozos reportados en el inventario, en el área de estudio existen 108 pozos aproximadamente que aprovechan el agua subterránea, con profundidades mayores a 40 metros y caudales de explotación no son mayores a 2,0 l/s. Como se verá el capítulo de hidrogeoquímica a más detalle, en esta unidad se tiene conductividades que varían entre 14 y 440 uS/cm y pH que va de 5.09-7.09 unidades y están siendo usados principalmente para actividades domésticas, pecuarias y agrícolas. No obstante, los valores fisicoquímicos pueden ser relativos ya que puede haber influencia de aguas de los acuíferos asociados a depósitos cuaternarios suprayacentes.

10.5.2 Acuíferos de baja productividad, capacidad específica de 0.5 l/s/m

En esta categoría se agrupan los sedimentos Cuaternarios de los Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-al), los Depósitos de Abanicos Antiguos (Q1-ca), los Depósitos de Abanicos Aluviales Recientes (Q2-ca) y los Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al), los cuales están compuestos de manera general por limos y arcillas, e intercalaciones de arenas de cuarzo con

tamaño de grano medio a muy fino y gravas consolidadas de matriz arenosa a arcillo-limosas. Estos sedimentos conforman acuíferos multicapa, libres a semiconfinados de extensión local.

Estos acuíferos fueron registrados en la mayoría de los sondeos eléctricos verticales, teniendo dos sectores claramente definidos. Al Oeste de la Falla de Ariporo, se observan respuestas en las resistividades que van de 47,8 a 65,2 Ohm/m (Zona ZA) asociadas con arenas finas y limos moderada a pobremente saturados de los Depósitos de Abanicos Aluviales Antiguos y Recientes, con baja potencialidad hidrogeológica. Por otro lado, hacia el Este de la Falla de Ariporo, en la Depósitos Cuaternarios asociados a Llanuras Aluviales y Llanuras de Inundación, se encontraron respuestas en las resistividades que van de 21,6 a 103 Ohm/m (Zona Z2b) correlacionadas con arenas finas a medias, limos y arcillas de moderado potencial hidrogeológico. De igual manera se encuentran paquetes con sedimentación más clástica bajo unas resistividades entre 156 y 524 Ohm/m (Zona Z2a) asociadas con arenas medias a gruesas saturadas, con potencialidad hidrogeológica moderada.

Estos acuíferos son aprovechados por diferentes tipos de captaciones que en total son 498 puntos hidrogeológicos incluyendo a manantiales que localmente presentan una descarga inmediata. Entre estos puntos se encuentran 222 pozos con nivel de la tabla de agua subterránea entre 0 a 6 m de profundidad y caudales de explotación entre 0,0034 a 1,9 l/s; también se encuentran 147 aljibes, cuya profundidad del nivel de la tabla de agua se encuentra entre 0 a 4 metros, presentado caudales de explotación de 0,016 a 1,6 l/s y finalmente se tienen 116 manantiales cuyo caudal de explotación va de 0,042 a 1 l/s.

Como se verá el capítulo de hidrogeoquímica a más detalle, en esta unidad se tiene conductividades que varían entre 17 y 220 uS/cm y pH que va de 5.03-7.32 unidades y están siendo usados principalmente para actividades domésticas, pecuarias y agrícolas.

10.5.3 Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m

En esta categoría se agrupan dos sistemas acuíferos, el de los Depósitos Cuaternarios y el de las unidades Neógenas. En el primer grupo se encuentran los Depósitos de Cauce Actual (Q-al) y los Depósitos Coluviales (Q-co), compuestos por Barras de arenas, arcillas, limos y grava que conforman acuíferos multicapa, libres a semiconfinados de extensión local. Por su extensión y ubicación no se cuentan con sondeos eléctricos verticales que los registraran.

El segundo grupo de acuíferos de esta categoría está conformado por las rocas neógenas de las formaciones Caja (E3E1-Stm) las cuales generan acuíferos multicapa, semiconfinados a confinados de extensión semirregional. Fueron registradas en los sondeos realizados al oeste de la falla de Ariporo con resistividades que van de 5,84 a 11,6 Ohm/m correlacionadas con limolitas y arcillolitas pobremente saturadas sin potencialidad hidrogeológica. Según el inventario de puntos de agua subterránea, en estas unidades se encontraron 10 manantiales cuyo caudal de explotación no son mayores a 1 l/s. El agua almacenada en estos acuíferos tiene conductividad eléctrica que varía de 10 a 66 uS/cm y pH que va de 5.3 a 6.2 unidades, y están siendo usados principalmente para actividades domésticas, pecuarias y agrícolas.

A continuación en la *Figura 40* se observa el mapa hidrogeológico junto a las unidades geológicas relacionadas. En el **Anexo 1**, se expone el mapa hidrogeológico, para el área de estudio.

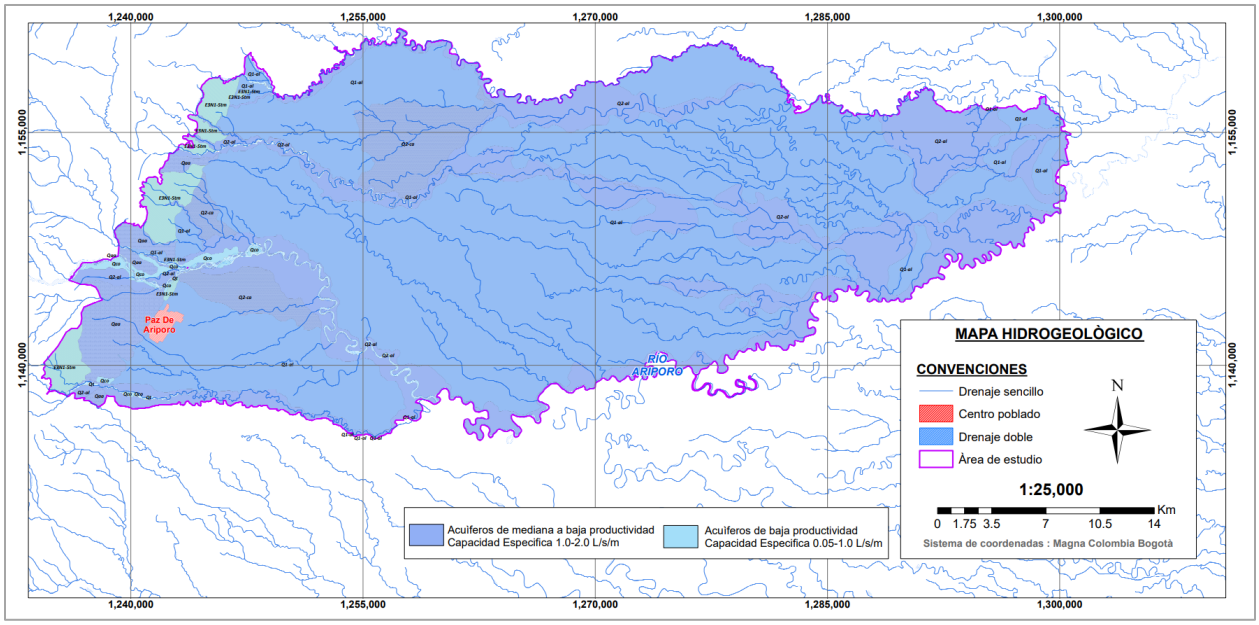


Figura 40. Mapa Hidrogeológico. Fuente: Autor

10.6 Direcciones del flujo de agua subterránea

De acuerdo a los parámetros medidos en campo, se obtuvieron los niveles estáticos de cada uno de los puntos hidrogeológicos. Así mismo, mediante el análisis del DEM se hallaron las cotas topográficas para poder calcular el nivel piezométrico de los puntos existentes. Con estas mediciones obtenidas se desarrolló un mapa de isopiezas para el área de estudio, mediante el módulo de geoestadística de Arcgis, llevando a cabo una interpolación con el método Kriging/Cokriging, el cual maneja una corrección logarítmica para una buena distribución de los datos. Además, se consideraron las unidades geológicas, la topografía y cuerpos de agua que intervienen en la interpretación de los datos.

Para la interpolación de los datos, se consideraron los 742 puntos analizados anteriormente, los cuales se constituyen como aljibes, pozos, manantiales y jagüeyes. Las isopiezas que se generaron llegan hasta afuera del área de estudio, ya que se toma la información de los puntos que no están de forma directa, esto en con el fin de tener una correcta tendencia en la piezometría. En el análisis de la piezometría de las unidades hidrogeológicas superficiales, se tuvieron en cuenta los tres ríos principales, Río Chirè , Río Aricaporo, y Río Ariporo, ya que el área se dividió en tres secciones diferentes para una interpretación más detallada.

Las unidades hidrogeológicas que más intervienen son los Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-al) y los Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al), debido a que tienen una gran extensión y la gran mayoría de puntos se tomaron en estas zonas. Así mismo, es de importancia las unidades que se encuentra en el Piedemonte Llanero, pues la gran mayoría de manantiales inventariados están asociados a este lugar y a la Falla de Ariporo.

Como se puede ver en la *Figura 41*, se observa en grandes rasgos una tendencia W-E en las direcciones del flujo del agua subterránea, donde la gran mayoría de puntos demuestran características propias de cada una de las unidades hidrogeológicas. Así mismo se determinan niveles piezométricos mayores en el piedemonte, bajando considerablemente hacia los depósitos cuaternarios del área de estudio. En el **Anexo 1**, se expone en mayor detalle el mapa piezométrico.

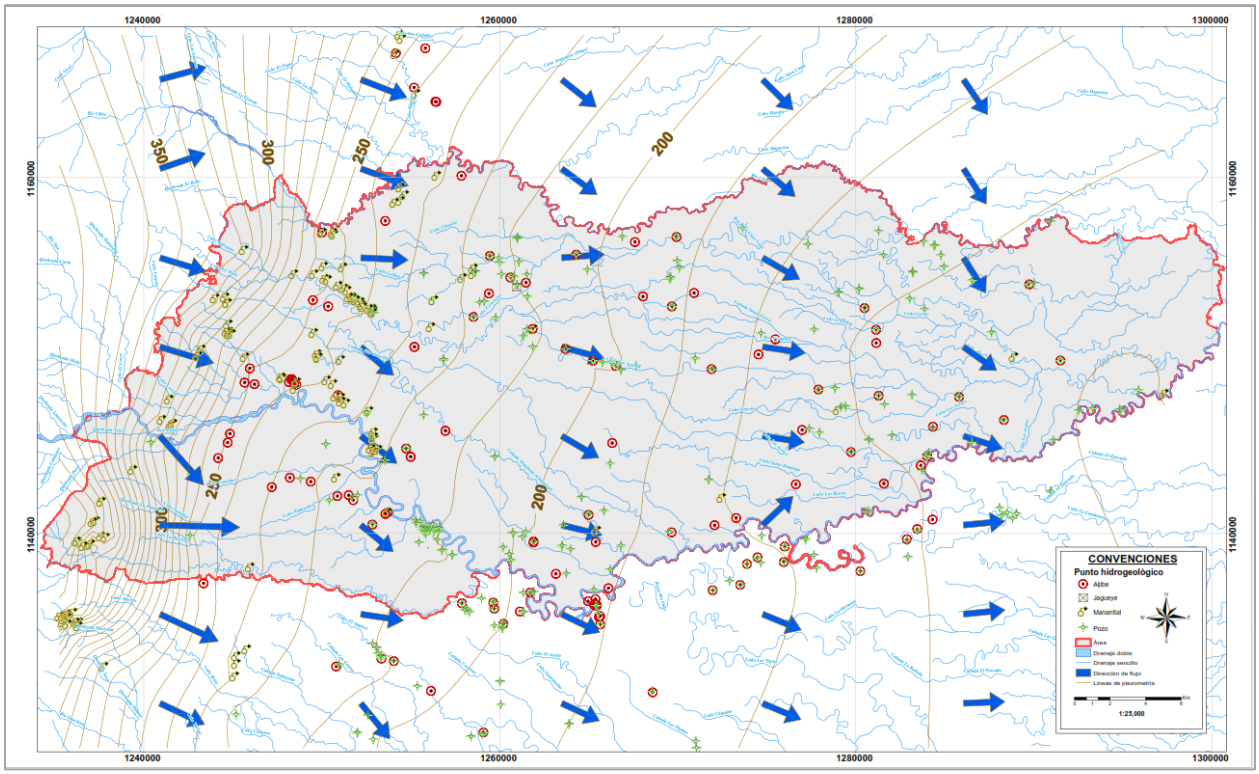


Figura 41. Mapa piezométrico. Fuente: Autor.

.

En la *Figura 42* se tiene en cuenta el área de influencia de los ríos Chire, Ariporo y Aricaporo, desde la parte de los abanicos aluviales que se desprenden del piedemonte hasta la zona más plana del área de estudio. Como se puede observar, en las unidades de los Depósitos de Llanuras de Inundación (Q2-al), hacia la parte occidental se registran niveles piezométricos de 311

m y en la parte más oriental, disminuyen los valores hasta 164 m. La mayoría de puntos fueron pozos y aljibes que distribuyen en esta unidad hidrogeológica. Igualmente, para los depósitos de llanura Aluvial (Q1-al) se analizaron los niveles desde la parte más alta de la zona, considerando puntos como manantiales y aljibes que fueron determinados en cercanía a los ríos mencionados anteriormente. De la misma manera los niveles piezométricos disminuyen a medida que sigue la orientación W-E, teniendo claridad que los manantiales están captando el agua de los Depósitos Cuaternarios y de la Formación Caja, donde posteriormente estarían descargando el agua de manera inmediata con una directa conexión hidráulica a los Ríos Chirè y Ariporo.

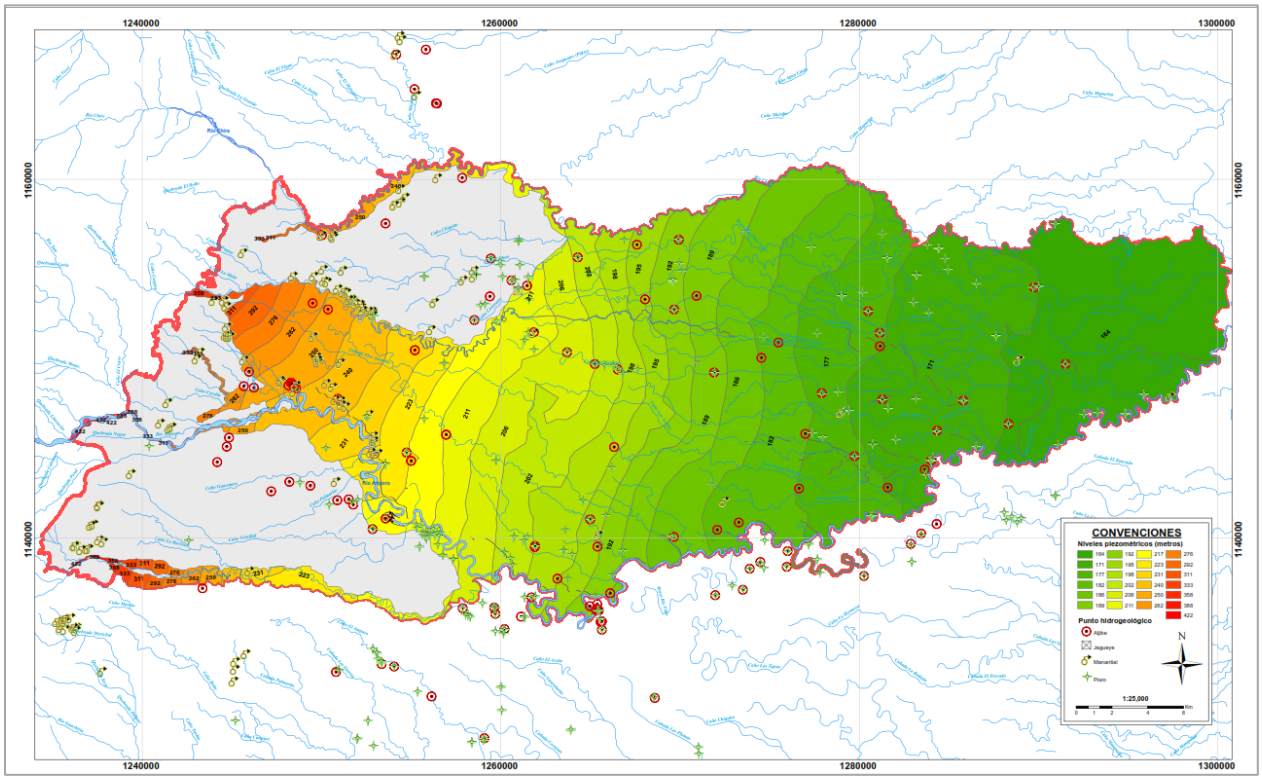


Figura 42. Mapa piezométrico para los Depósitos Cuaternarios (Q2-al, Q1-al). Fuente: Autor.

En la *Figura 43* se presenta la tendencia de los niveles piezométricos con la influencia de las unidades más cercanas a los Abanicos Aluviales del Piedemonte Llanero. Al igual que el

anterior análisis se sigue manteniendo la misma orientación W-E para los aljibes y manantiales del lugar, donde se expone el máximo valor de 387 m.s.n.m y un mínimo valor de 202 m.s.n.m. Las unidades hidrogeológicas que intervienen directamente son los Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-al), Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al) y Depósitos de Abanicos recientes y parte de los Antiguos (Q2-ca, Q1-ca). Posiblemente la dirección de flujo a nivel regional se sigue manteniendo, el cual explicaría una recarga potencial en sentido Oeste y una posterior descarga hacia el Este.

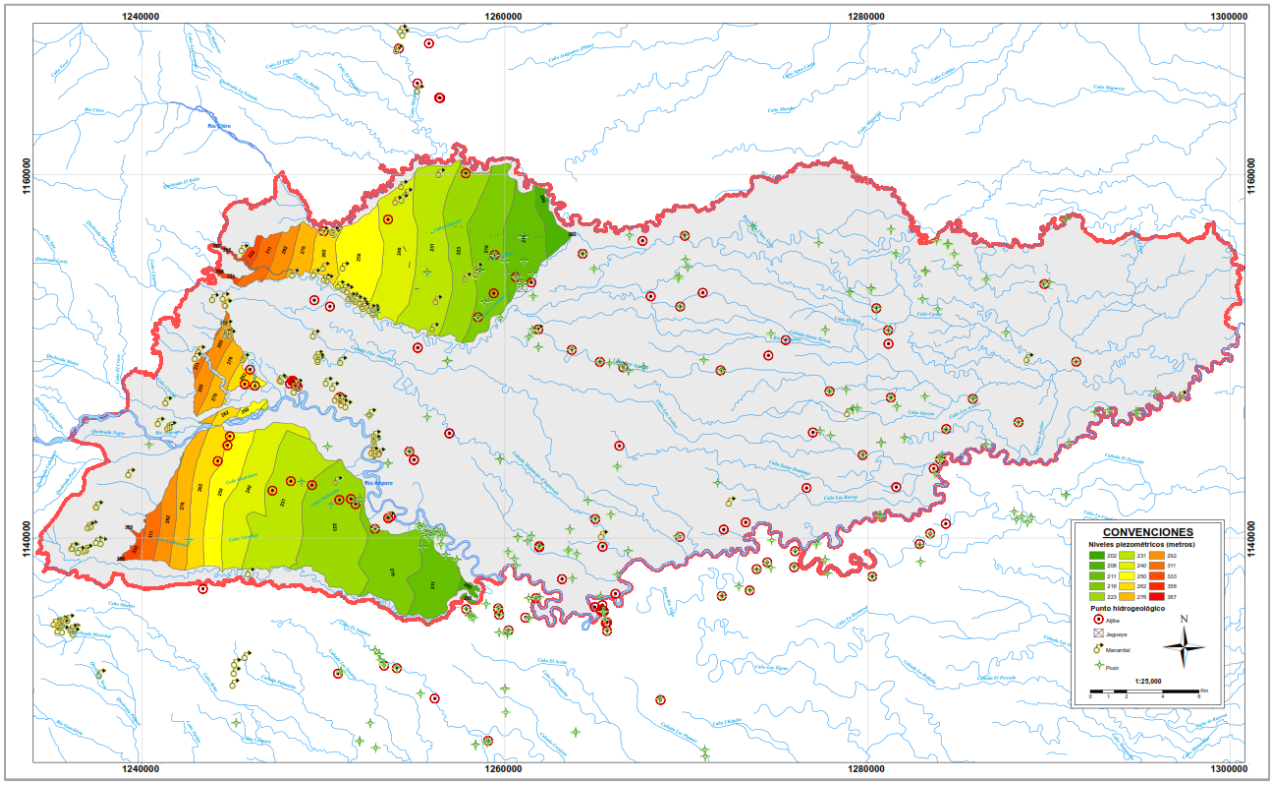


Figura 43. Mapa piezométrico para Depósitos Cuaternarios (Q1-al, Q2-al, Q1-ca y Q2-ca). Fuente: Autor

Finalmente, en la *Figura 44* se tiene la interpolación para las unidades que afloran en el Piedemonte Llanero, las cuales son Depósitos de Abanicos Aluviales Antiguos (Q2-ca), Depósitos Coluviales (Qco) y la Formación Caja (E2n1-stm). Como se puede observar, la mayoría de puntos

tomados están relacionados a manantiales asociados a la parte más montañosa del lugar, e igualmente asociados a la Falla de Ariporo. Por consiguiente, se puede plantear dos situaciones a considerar; primero que la tendencia del agua subterránea se sigue manteniendo, partiendo del hecho que esta zona contiene los valores de piezometría más altos del área de estudio, estos valores oscilan entre los 422-292 m.s.n.m en sentido W-E. Por otro lado, se plantea que los manantiales se están recargando y descargando allí mismo, con una posible conexión a los ríos Ariporo y Chirè.

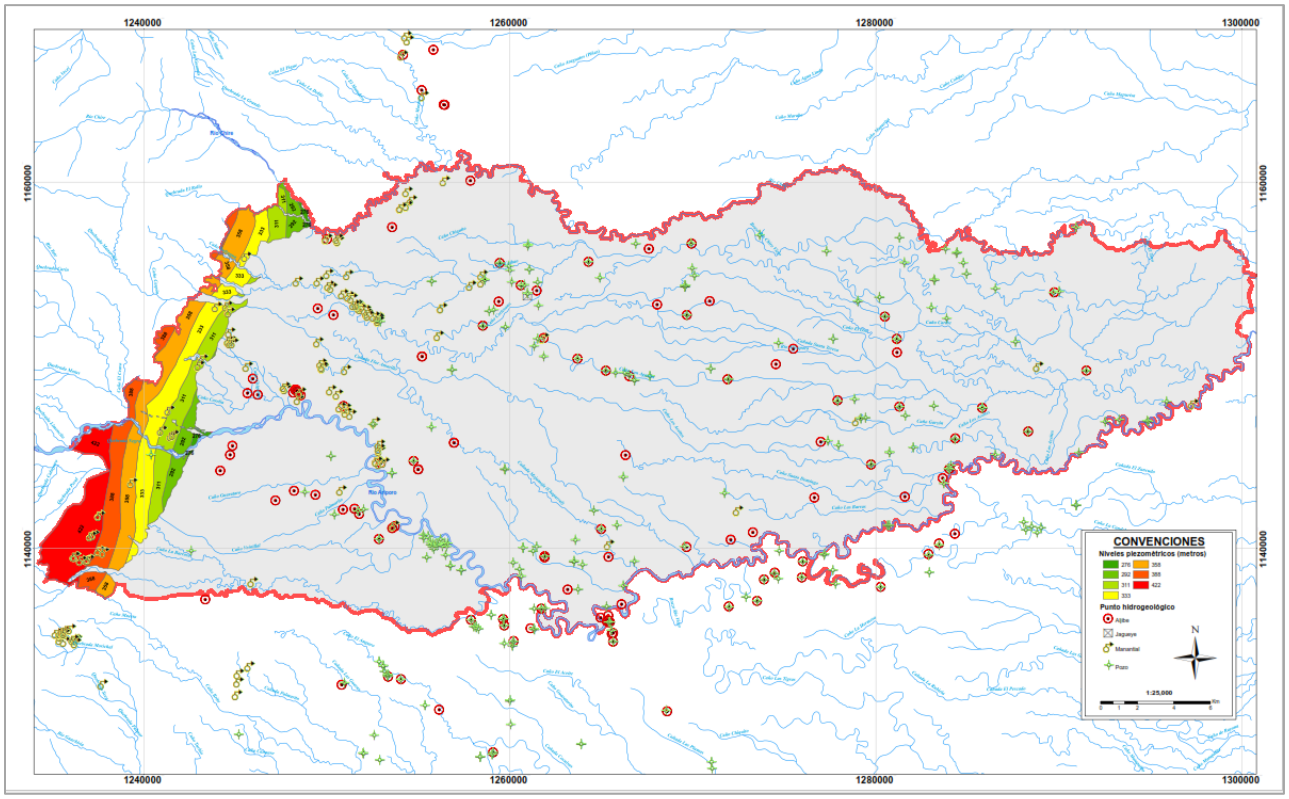


Figura 44. Mapa piezométrico para los Depósitos Cuaternarios (Qco, Q2-ca) y la Formacion Caja (E2N1-Stm). Fuente: Autor.

10.7 Recarga potencial

En cuanto a la determinación de las características hidrológicas del área de estudio, se busca evaluar la recarga potencial y la infiltración, mediante la determinación del comportamiento de la precipitación, retención, la evapotranspiración y la escorrentía. Esta evaluación se calcula mediante un balance hídrico propicio que busca conocer las entradas y salidas de una zona determinada, a partir de información secundaria recopilada y verificada (SENAMHI,2013).

La recopilación de la información se basó principalmente en la obtención de datos de precipitación y temperatura de las estaciones climáticas principales y pluviométricas del IDEAM y así mismo, la cartografía temática de usos del suelo y cobertura vegetal, se obtuvieron del IGAC. Los datos de precipitación se obtuvieron de cuatro estaciones ubicadas circundantes al área de estudio, donde se determinaron dos estaciones climáticas principales (Paz de Ariporo y el Diamante) y dos estaciones pluviométricas (Aguadas y Santa Rita). (*Figura 45* y *Tabla 11*)

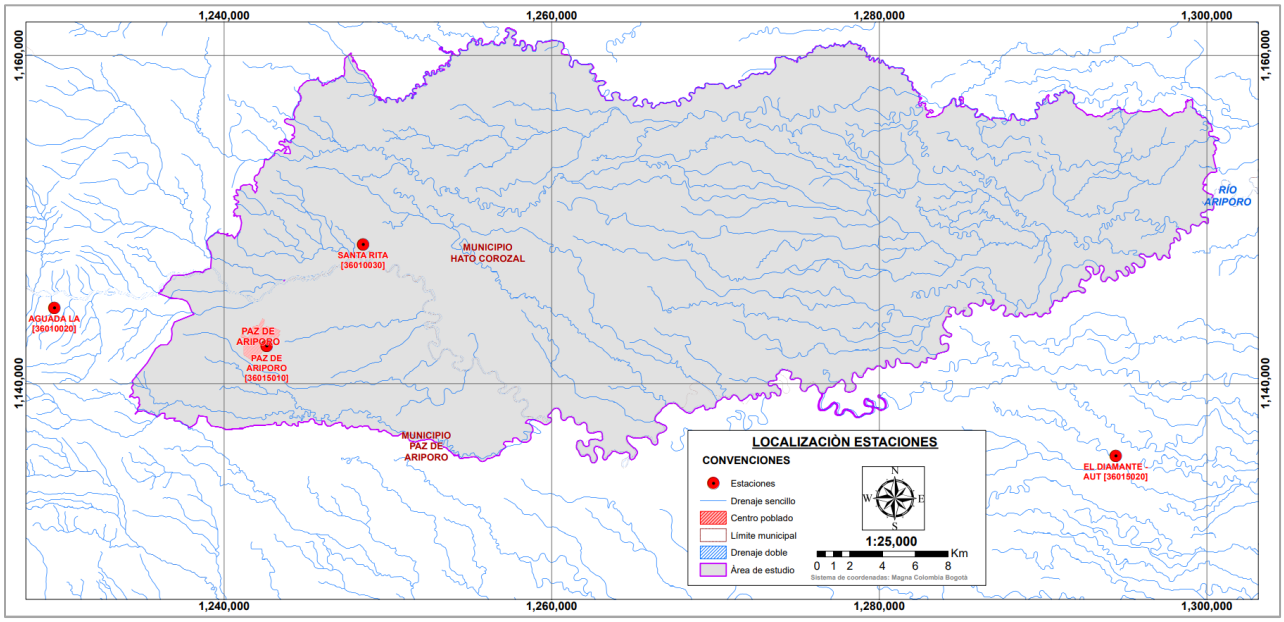


Figura 45. Mapa de localización de las Estaciones. Fuente: Autor.

Tabla 11. Estaciones presentes en el área de estudio.

Nombre	Código	Tipo	Municipio	Este	Norte	Altitud (msnm)
Paz de Ariporo	36015010	Climática principal	Paz de Ariporo	1242609	1142279	239
El Diamante	36015020	Climática principal	Hato Corozal	1294442	1135604	284
Aguada	36010020	Pluviométrica	Paz de Ariporo	1229638	1144606	515
Santa Rita	36010030	Pluviométrica	Hato Corozal	1248489	1148470	160

Para el procesamiento de los datos de precipitación se tiene en cuenta los diferentes registros históricos de cada una de las estaciones seleccionadas, ya que se define en primera instancia el periodo en referencia. En este caso todas las estaciones tienen registros desde 1999, exceptuando la estación El Diamante [36015020] cuyo registro comienza desde 2017. Por lo tanto, se determina que los datos a procesar están en el periodo 2017-2020, ya que no se puede trabajar con información de mayor rango de tiempo. En el **Anexo 4** se presentan los datos de precipitación, tomados del DHIME.

Seguidamente se debe cuantificar el porcentaje de datos ausentes que estén dentro el periodo trabajado de cada estación, para poder definir si se acepta o se rehúsa el año monitoreado. Por último, a los datos de las estaciones se les completa los datos faltantes para poder proceder el análisis de la homogeneidad de la información.

Para los datos faltantes en cuestión, no se tuvieron que completar ya que para el periodo seleccionado 2017-2020 estaba en su totalidad, por lo tanto, se procede a evaluar la consistencia y homogeneidad de las series de precipitación.

10.7.1 Análisis y consistencia de datos.

En lo que respecta a la consistencia de datos, en primera instancia se determinó el periodo de tiempo 2017-2020 para poder determinar la consistencia y homogeneidad de la información.

Por ello, se realiza el método grafico de la curva de doble masa, el cual permite establecer comportamientos anómalos en la tendencia de los datos. Este, se basa en la acumulación de la precipitación de una estación patrón, que permite evaluar otra estación a consideración, teniendo en cuenta que el comportamiento de los datos de la estación patrón, son correctos y homogéneos. En este caso, no existe una estación patrón como tal, por lo tanto, se tomaron los promedios acumulados de las estaciones más próximas. (HIMAT, 1990) (*Figura 46*, *Figura 47*, *Figura 48*, *Figura 49*)

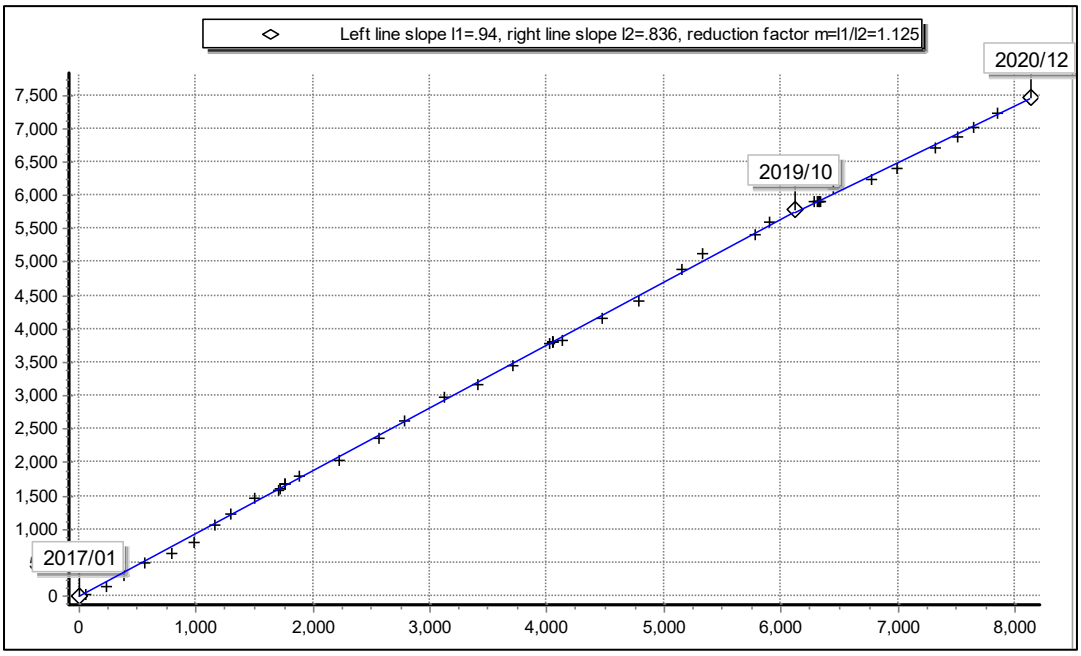


Figura 46. Curva de doble masa, estación Santa Rita.

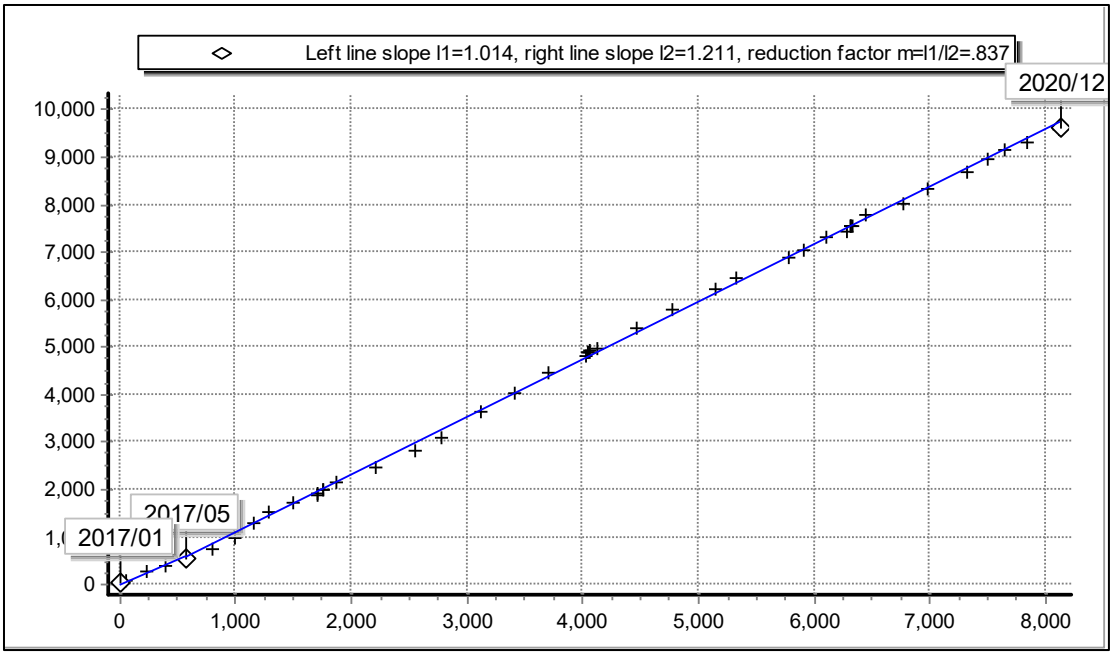


Figura 47. Curva de doble masa, estación Aguadas.

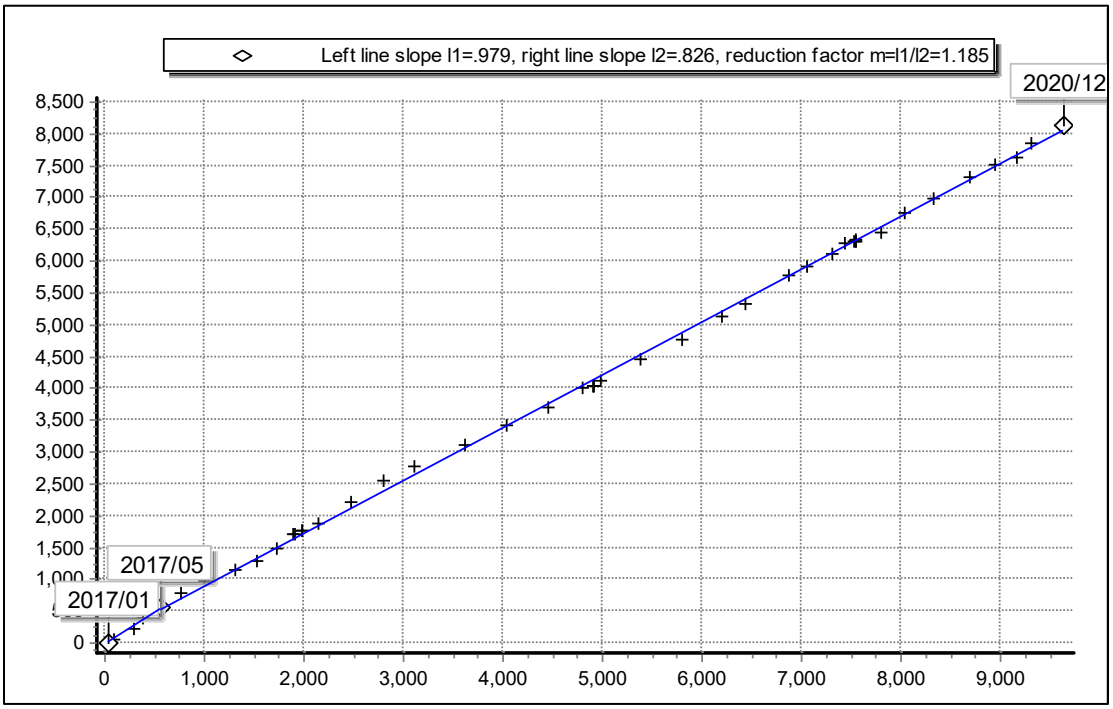


Figura 48. Curva de doble masa, estación Paz de Ariporo.

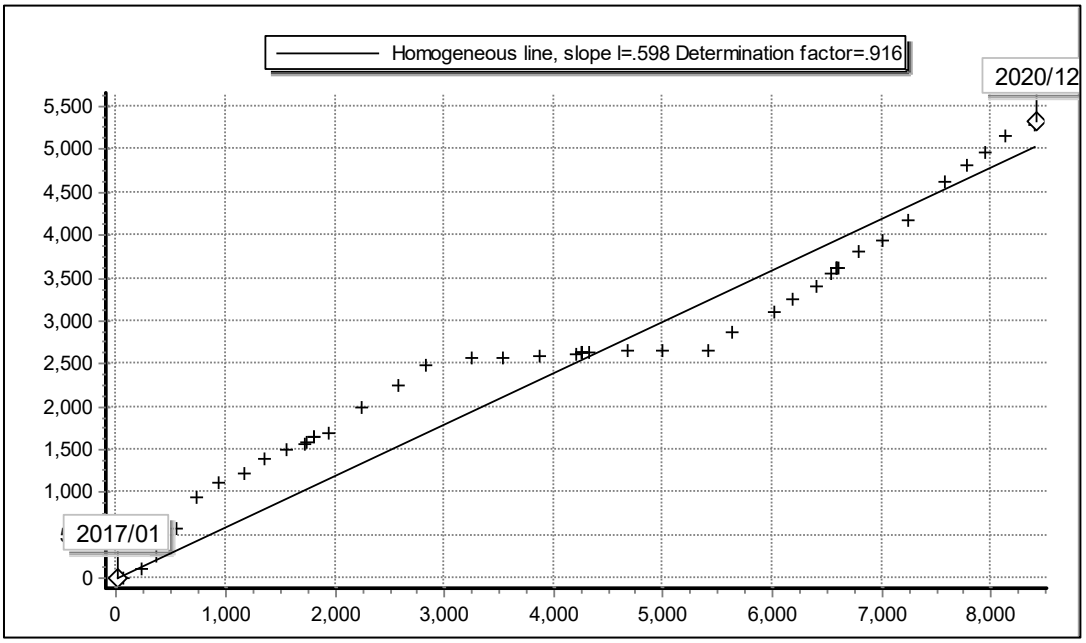


Figura 49. Curva de doble masa, estación El Diamante.

De acuerdo a la consistencia de las estaciones Santa Rita, Aguadas y Paz de Ariporo se puede concluir que existe una buena relación entre la tendencia general y los datos de precipitación acumulada, lo que indicaría una garantía en el momento de utilizar la información para el balance hídrico. Por otro lado, se identificó una variación en la tendencia de los datos de la estación El Diamante, entre la época de Junio-2018 y Junio del 2019, ya que se observan dos quiebres relacionados a un posible error en la toma de los datos para esa época, probablemente por un cambio de la estación o un cambio de localidad (*Figura 50*). Por ello, se procede a la corrección de los datos con la siguiente formula. (*Ecuación 1*)

Ecuación 1. Cálculo del Factor para la homogenización.

$$Pc = \frac{a_c}{a_r} * Pr$$

Pc= precipitación corregida

Pr= precipitación del punto sin tendencia

a_c= pendiente de la estación patrón

a_r= pendiente de la estación en cuestión

$\frac{a_c}{a_r}$ = Factor de corrección

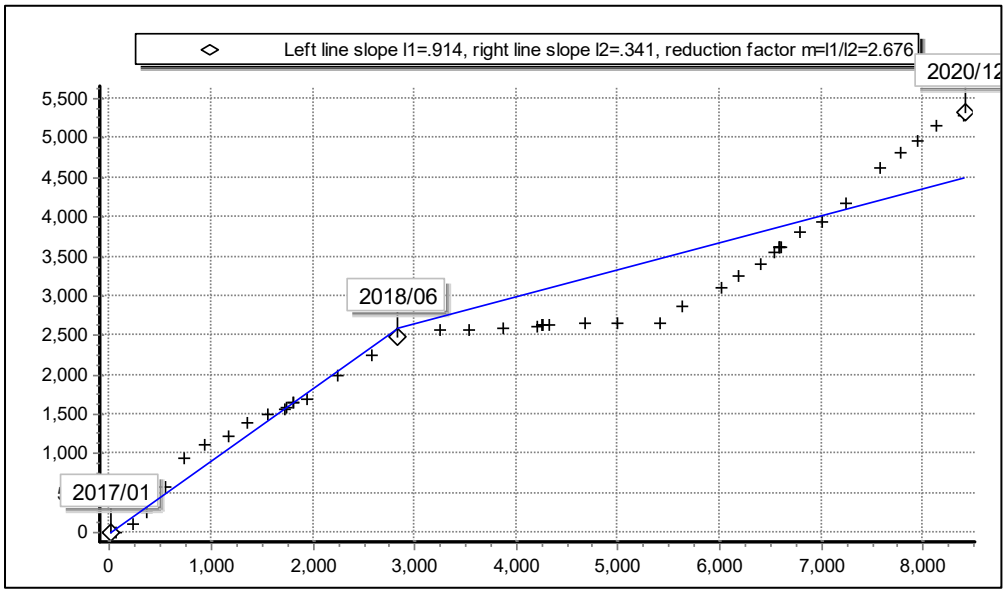


Figura 50. Corrección y homogenización de los datos para la estación El Diamante.

Aplicando la anterior formula, se obtiene el factor de corrección de *2.7.* Este número se multiplica por los valores que se encuentran dentro del rango "anómalo", para poder generar una nueva homogenización en el diagrama de doble masa. (*Figura 51*)

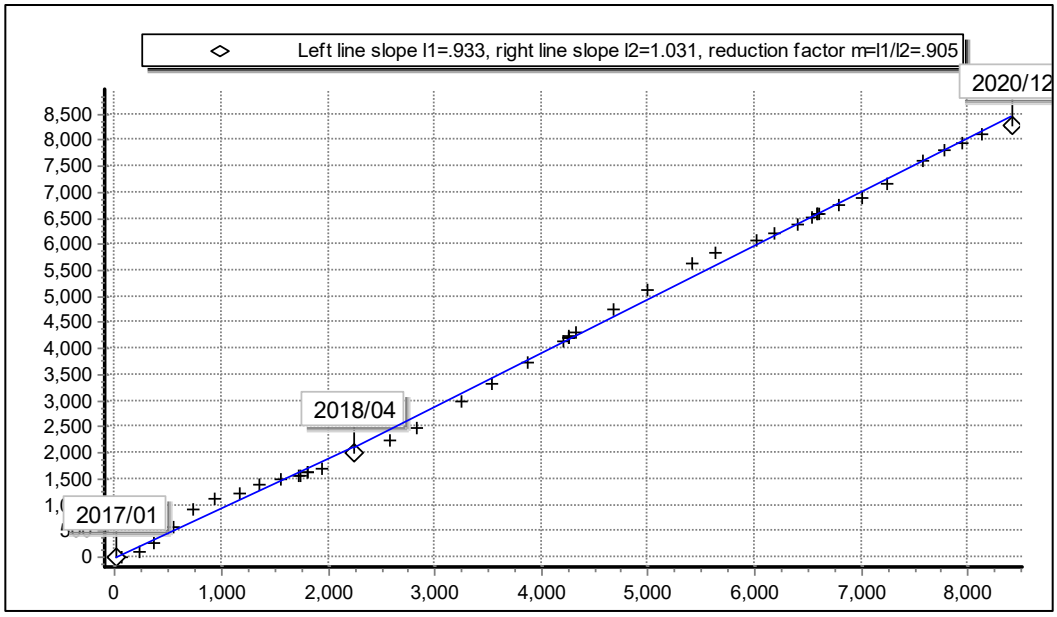


Figura 51. Curva de doble masa homogenizada, estación El Diamante.

Por último, se obtiene nuevamente el diagrama de doble masa con los datos más homogenizados, con el fin de proceder en la identificación de outliers o datos anómalos de las series registradas.

Los outliers son datos atípicos que salen de la tendencia general del registro. El análisis para una posterior modificación o eliminación de estos datos es de importancia, ya que puede llegar afectar considerablemente los parámetros estadísticos de un conjunto de datos determinado (U.S Water Resources Council, 1982).

En el caso de estudio se analizaron los datos de cada una de las estaciones de acuerdo a pruebas de puntos fuera del rango o pruebas del rango normalizado, evaluando cambios en la media y en la varianza. De esta manera, dieron resultados congruentes, donde no se observaron datos anómalos que afectaran el análisis de comportamiento de la precipitación.

10.7.2 Análisis temporal de las series de precipitación

A continuación, se presenta las gráficas del comportamiento de la precipitación media mensual de cada una de las estaciones. (*Figura 52*, *Figura 53*, *Figura 54*, *Figura 55*)

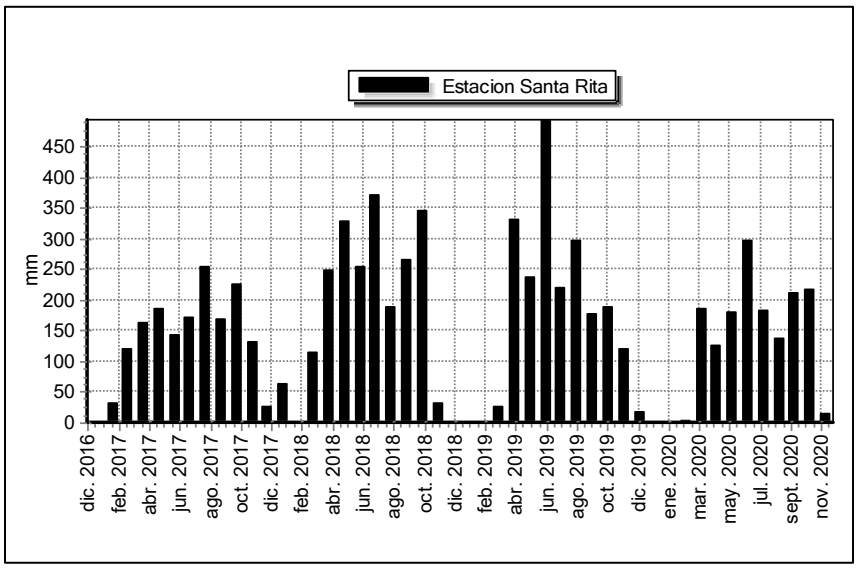


Figura 52. Precipitación media mensual, Estación Santa Rita.

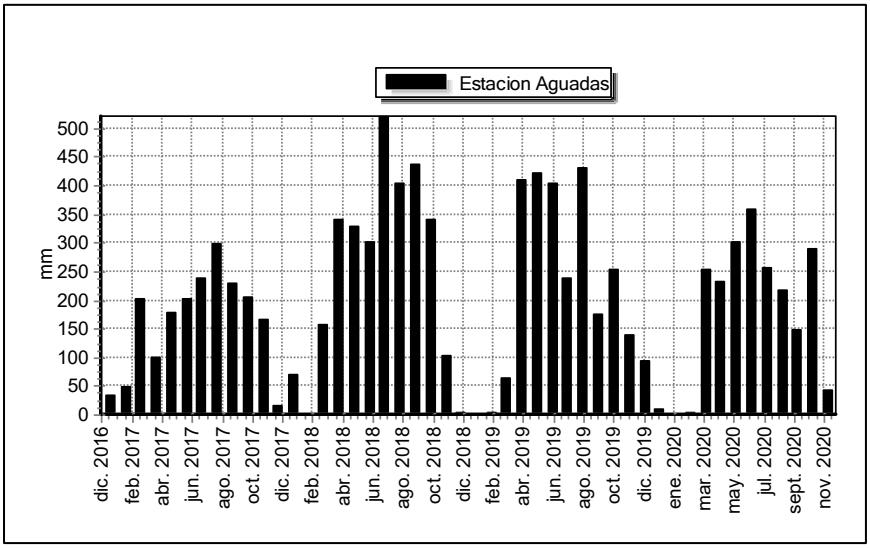


Figura 53. Precipitación media mensual, Estación Aguadas.

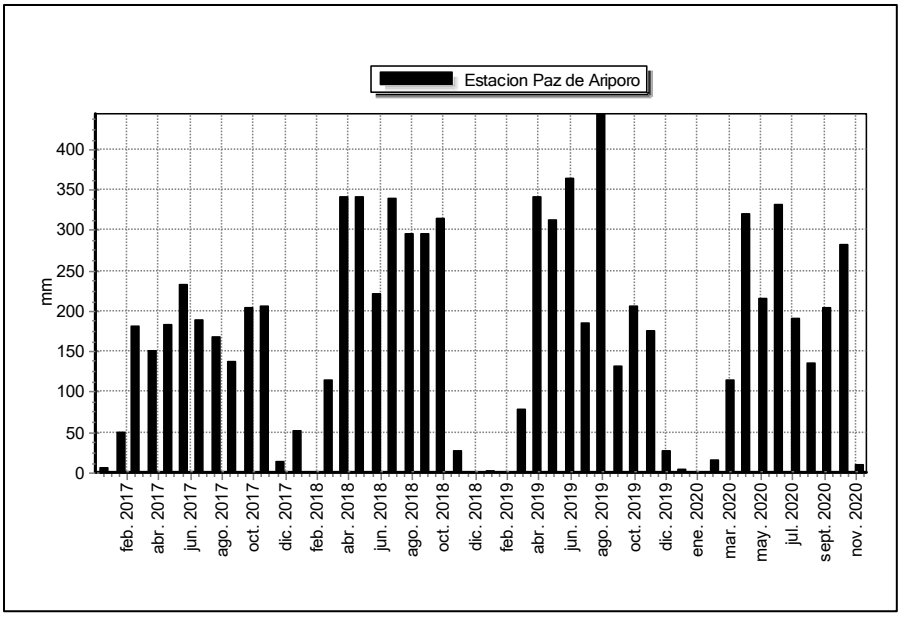


Figura 54. Precipitación media mensual, Estación Paz de Ariporo.

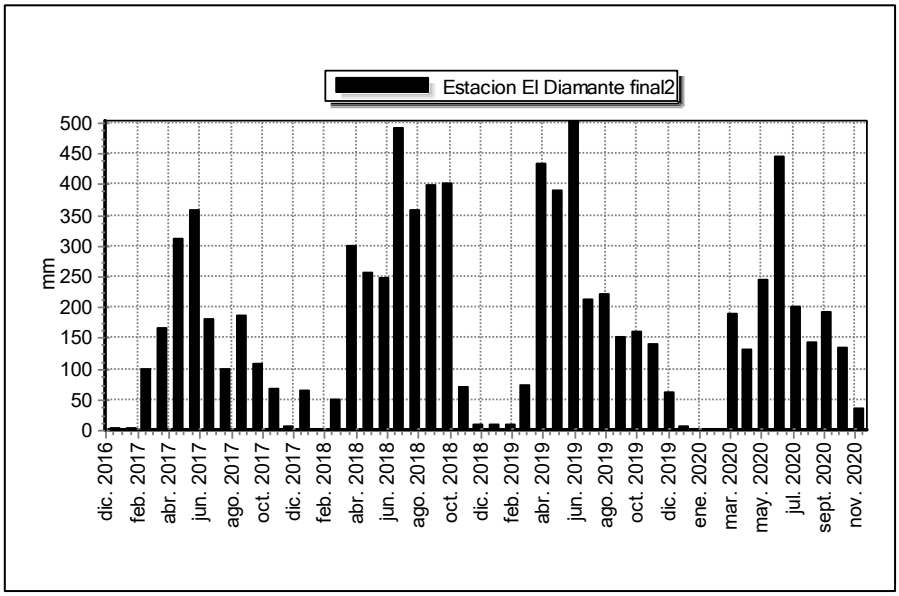


Figura 55. Precipitación media mensual, estación El Diamante.

.

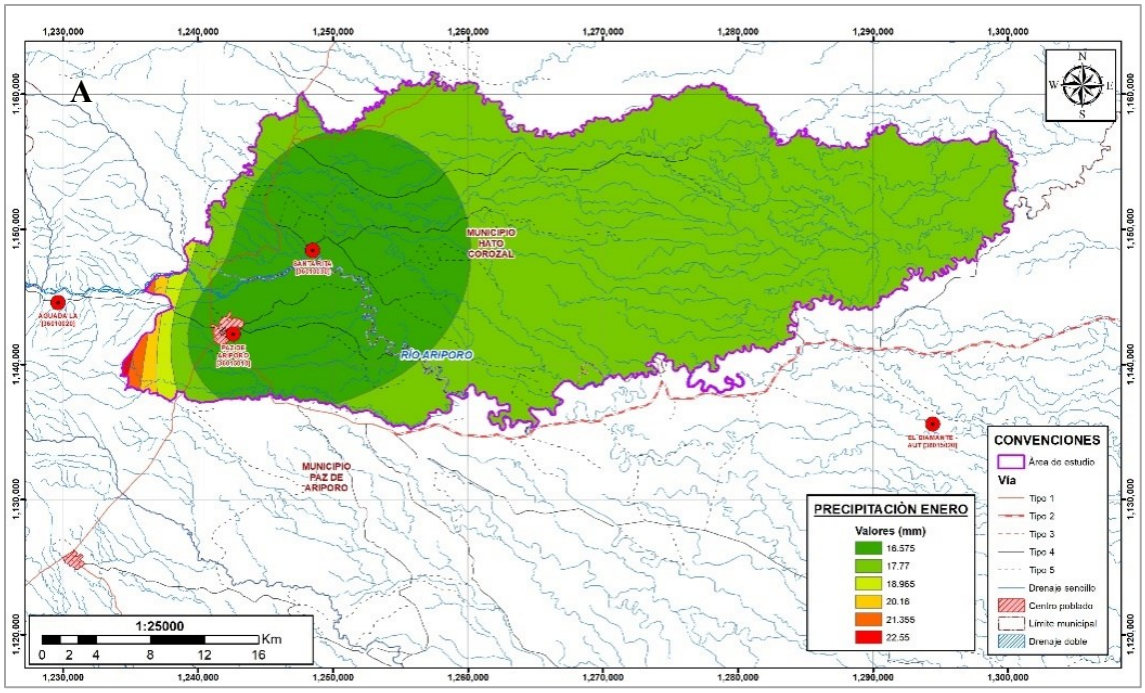
Como se observa en las figuras anteriores el comportamiento de la precipitación en el área de estudio es unimodal, con un pico entre los meses de Junio- Julio y unos valores bajos para los meses de Enero-Febrero y Octubre-Diciembre. El valor promedio de la precipitación media mensual multianual es de 174,68 mm. En la *Tabla 12* se presenta las estaciones seleccionadas y las series de datos finales de precipitación media mensual multianual del periodo 2017-2020.

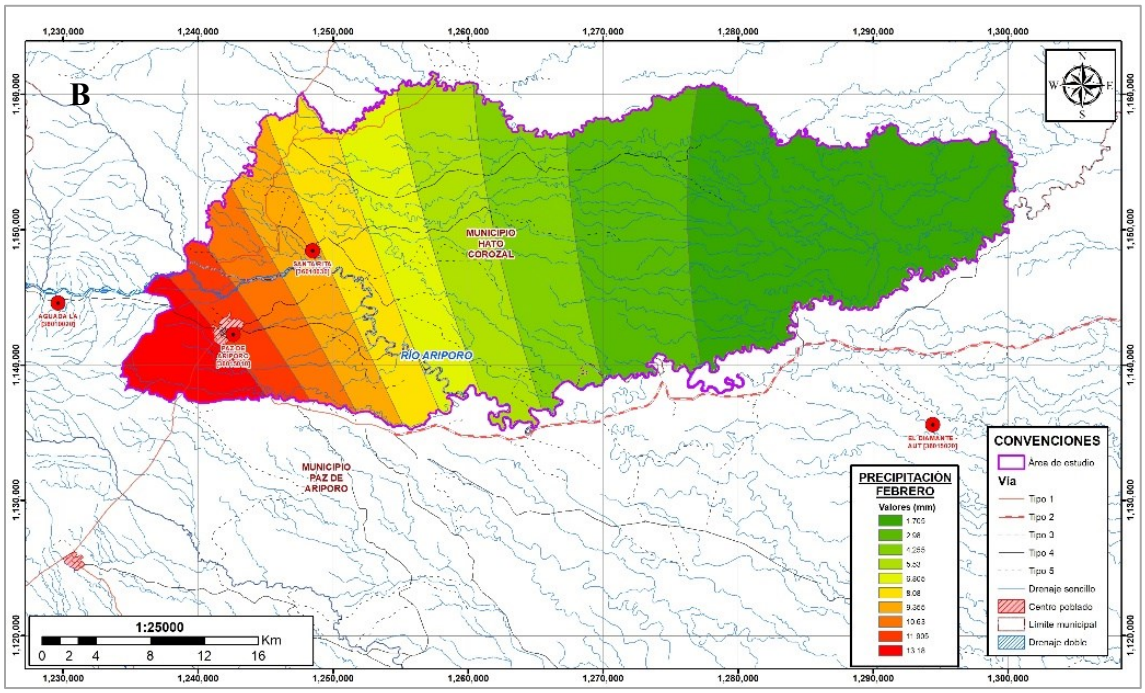
Tabla 12. Valores medios mensuales de precipitación.

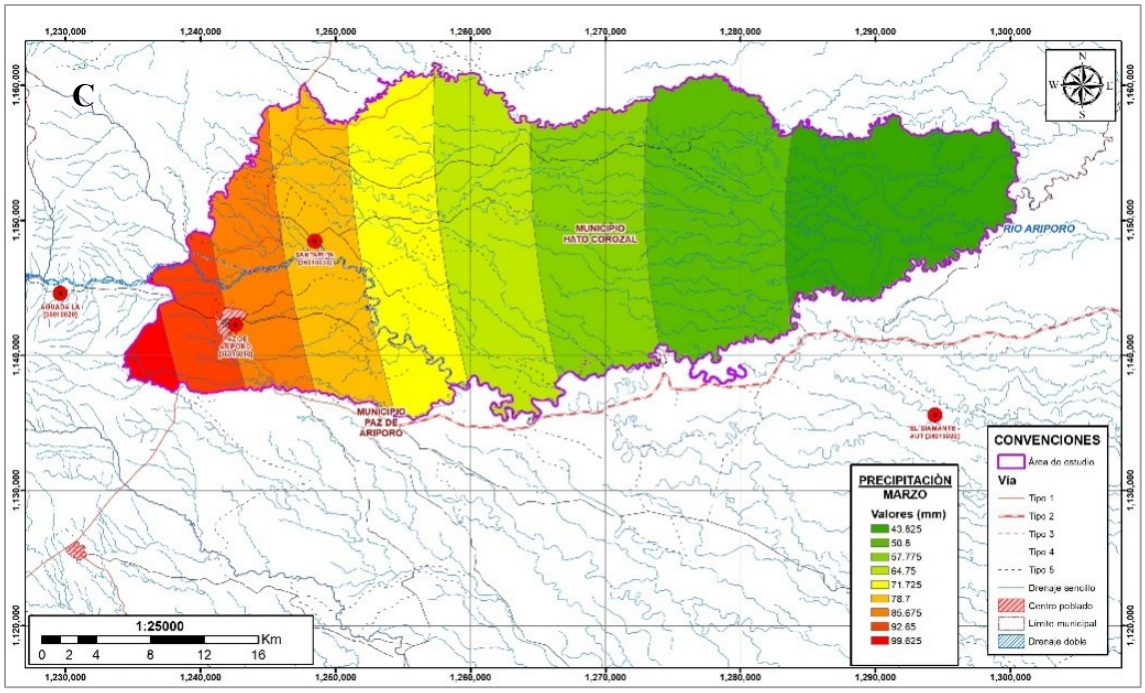
	Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
S. Rita	15,4	8,1	64,6	231,2	218,6	266,3	263,9	222,9	193,4	247,9	124,9	13,9
Aguada	27,3	13.2	106,6	275,9	289,1	300,9	338,5	347,8	263.8	236.7	173.3	37.9
El Diamante	17,6	0,4	36,9	166,4	175,4	215,4	230,3	130.6	122.3	122.7	89.75	25.2
P. Ariporo	15,4	13	97,1	236,7	288,3	258,0	260,3	273,9	174.9	231.5	172.2	12.48
Prom mensual	18,9	8,6	76,3	227,5	242,9	260,1	273,3	243,7	188.6	209.7	140.0	22.4

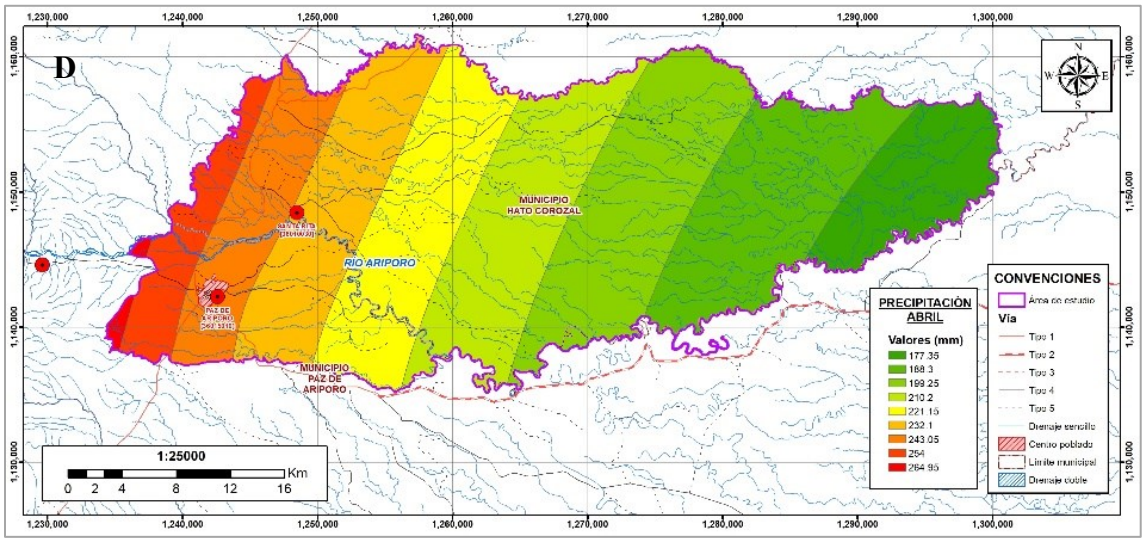
Teniendo a consideración los datos de precipitación finales, se continua entonces con la distribución espacial de la precipitación media mensual multianual de cada estación, mediante el método de interpolación IDW y Kriging/ cokriging. Estos métodos se llevaron a cabo mediante el módulo geoestadístico de Arcgis 10.5, donde se evaluaron las tendencias de los datos en tres dimensiones, y el comportamiento estadístico con la transformación logarítmica.

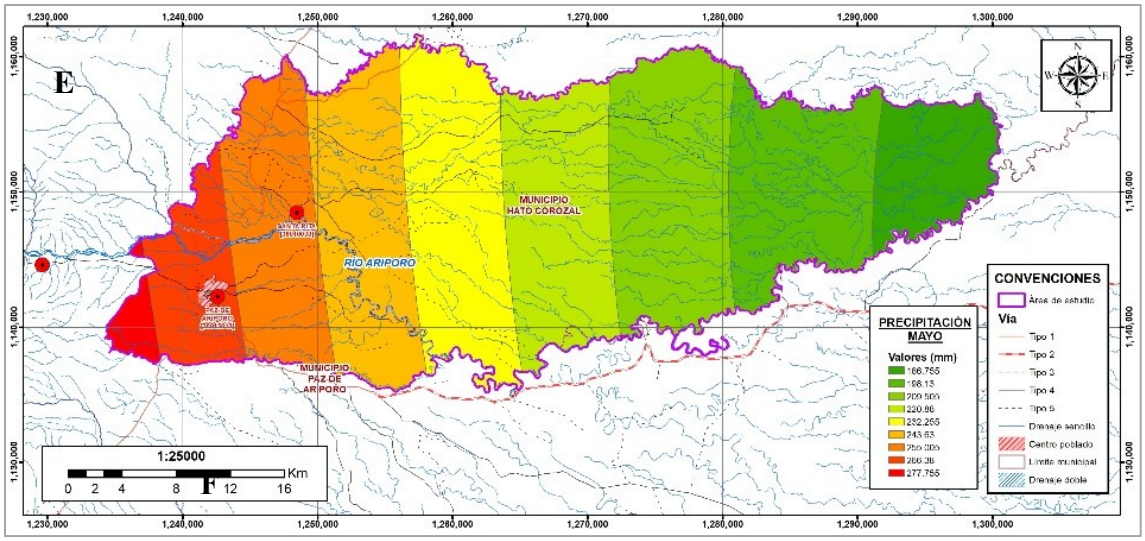
De acuerdo a la *Figura 56*, se tiene el comportamiento de la precipitación media mensual multianual para el periodo 2017-2020, donde se observan valores más importantes hacia el piedemonte y valores menores hacia la parte más oriental de la zona.

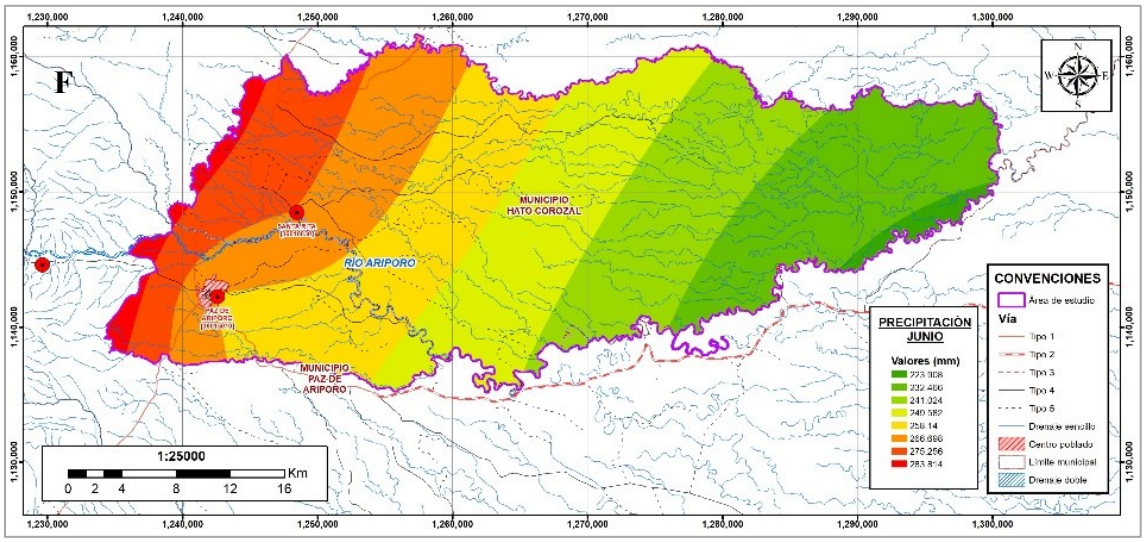

A
MUNICIPIO HATO COROZAL
RÍO ARIPORO
MUNICIPIO PAZ DE ARIPORO
PRECIPITACIÒN ENERO
Valores (mm)
16.575
17.77
18.965
20.16
21.355
22.55
CONVENCIONES
Área de estudio
Vía
Tipo 1
Tipo 2
Tipo 3
Tipo 4
Tipo 5
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
1:25000
0 2 4 8 12 16 Km

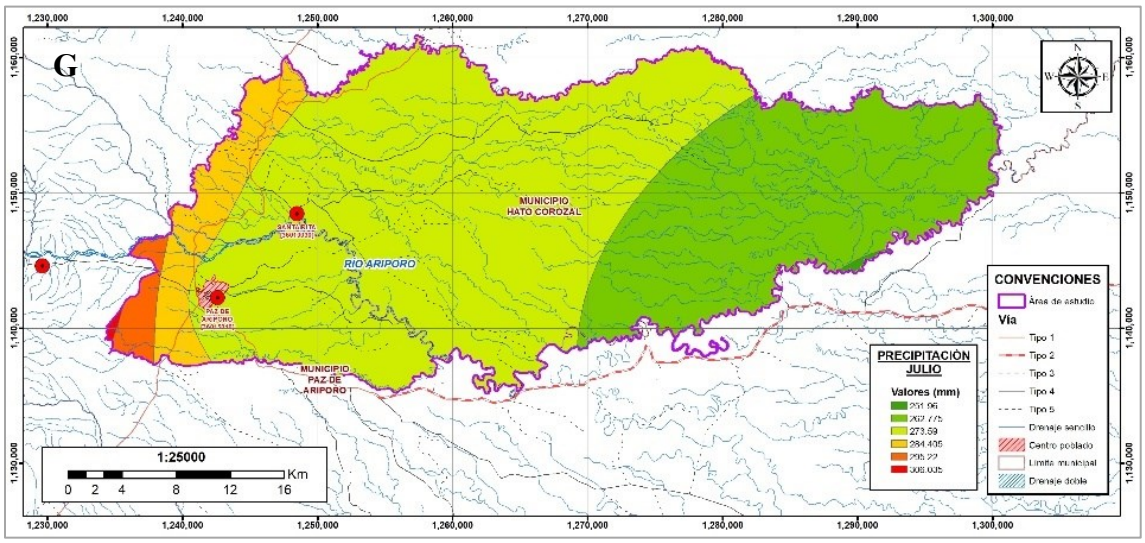

B
MUNICIPIO HATO COROZAL
RÍO ARIPORO
MUNICIPIO PAZ DE ARIPORO
PRECIPITACIÓN FEBRERO
Valores (mm)
CONVENCIONES
Área de estudio
Vía
Tipo 1
Tipo 2
Tipo 3
Tipo 4
Tipo 5
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
1:25000
0 2 4 8 12 16 Km

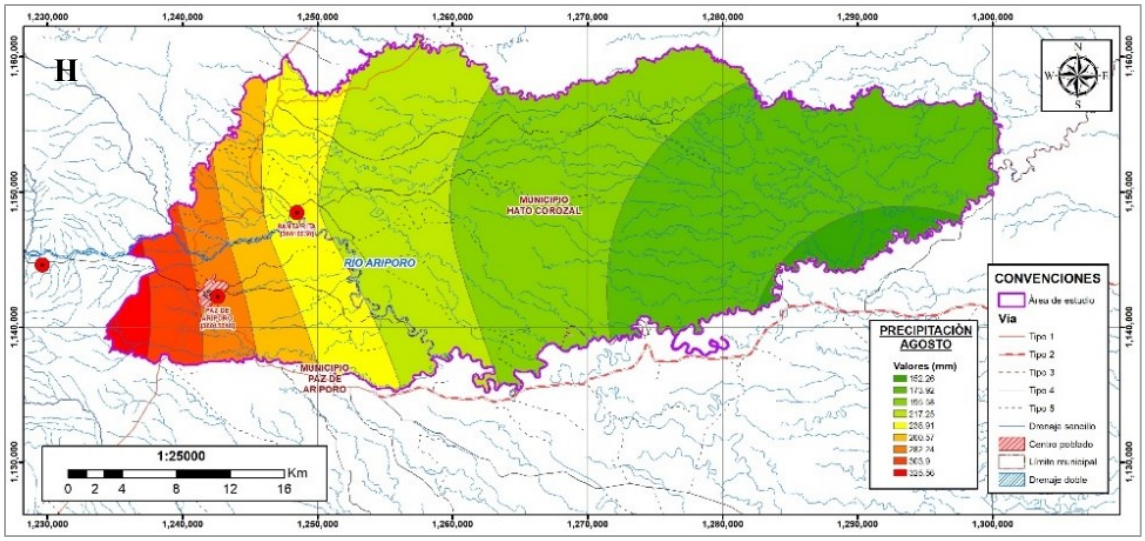

C
MUNICIPIO HATO COROZAL
RIO ARIPORO
MUNICIPIO PAZ DE ARIPORO
PRECIPITACIÒN
MARZO
Valores (mm)
43.825
50.8
57.775
64.75
71.725
78.7
85.675
92.65
99.625
CONVENCIONES
Área de estudio
Vía
Tipo 1
Tipo 2
Tipo 3
Tipo 4
Tipo 5
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
1:25000
0 2 4 8 12 16 Km

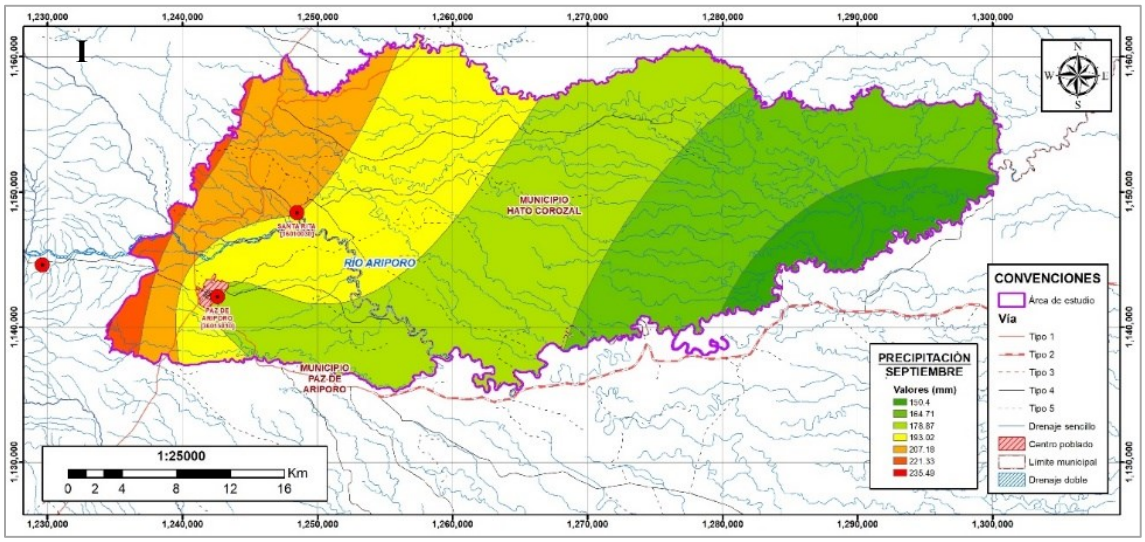

D
MUNICIPIO HATO COROZAL
RIO ARIPORO
MUNICIPIO PAZ DE ARIPORO
PRECIPITACIÒN
ABRIL
Valores (mm)
177.35
188.3
199.25
210.2
221.15
232.1
243.05
254
264.95
CONVENCIONES
Área de estudio
Vía
Tipo 1
Tipo 2
Tipo 3
Tipo 4
Tipo 5
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
1:25000
0 2 4 8 12 16 Km

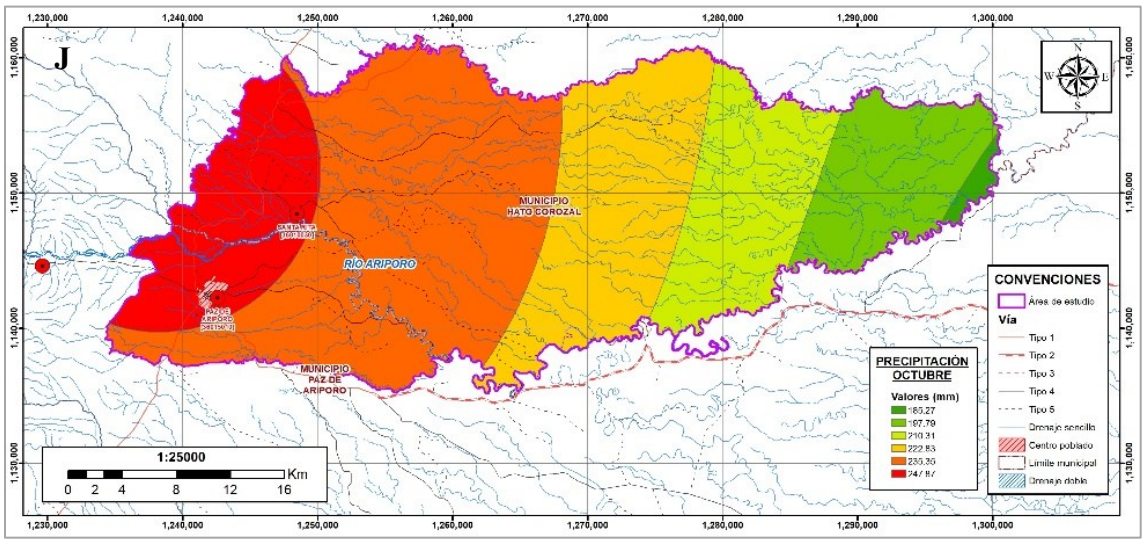

E
MUNICIPIO HATO COROZAL
RIO ARIPORO
MUNICIPIO PAZ DE ARIPORO
PRECIPITACIÓN MAYO
Valores (mm)
CONVENCIONES
Área de estudio
Vía
Tipo 1
Tipo 2
Tipo 3
Tipo 4
Tipo 5
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
1:25000
0 2 4 8 12 16 Km


F
MUNICIPIO HATO COROZAL
RIO ARIPORO
MUNICIPIO PAZ DE ARIPORO
PRECIPITACIÓN JUNIO
Valores (mm)
CONVENCIONES
Área de estudio
Vía
Tipo 1
Tipo 2
Tipo 3
Tipo 4
Tipo 5
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
1:25000
0 2 4 8 12 16 Km


G
MUNICIPIO HATO COROZAL
RIO ARIPORO
MUNICIPIO PAZ DE ARIPORO
PRECIPITACIÓN JULIO
Valores (mm)
CONVENCIONES
Área de estudio
Vía
Tipo 1
Tipo 2
Tipo 3
Tipo 4
Tipo 5
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
1:25000
0 2 4 8 12 16 Km


H
MUNICIPIO HATO COROZAL
RIO ARIPORO
MUNICIPIO PAZ DE ARIPORO
PRECIPITACIÓN AGOSTO
Valores (mm)
CONVENCIONES
Área de estudio
Vía
Tipo 1
Tipo 2
Tipo 3
Tipo 4
Tipo 5
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
1:25000
0 2 4 8 12 16 Km


I
MUNICIPIO HATO COROZAL
RIO ARIPORO
MUNICIPIO PAZ DE ARIPORO
PRECIPITACIÓN SEPTIEMBRE
Valores (mm)
CONVENCIONES
Área de estudio
Vía
Tipo 1
Tipo 2
Tipo 3
Tipo 4
Tipo 5
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
1:25000
0 2 4 8 12 16 Km


J
MUNICIPIO HATO COROZAL
RIO ARIPORO
MUNICIPIO PAZ DE ARIPORO
PRECIPITACIÓN OCTUBRE
Valores (mm)
CONVENCIONES
Área de estudio
Vía
Tipo 1
Tipo 2
Tipo 3
Tipo 4
Tipo 5
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
1:25000
0 2 4 8 12 16 Km

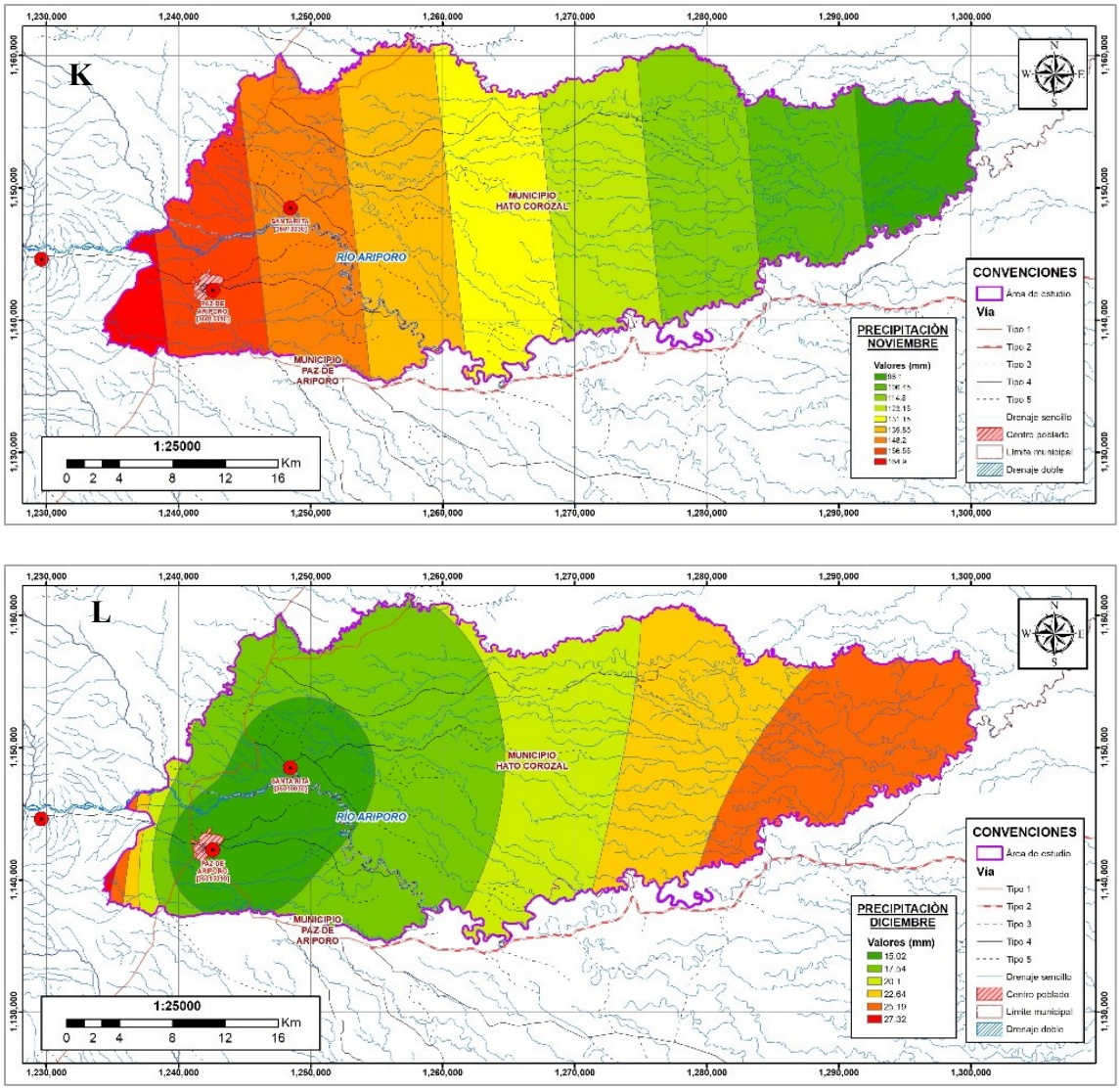


Figura 56. Precipitaciones mensuales multianuales. **A.** Enero, **B.** Febrero, **C.** Marzo, **D.** Abril, **E.** Mayo, **F.** Junio, **G.** Julio, **H.** Agosto, **I.** Septiembre, **J.** Octubre, **K.** Noviembre**, L.** Diciembre.

10.7.3 Recarga potencial

El proceso de recarga consiste en la incorporación de agua procedente del exterior a un acuífero determinado, mediante el proceso de infiltración de las precipitaciones o de un curso de agua. La recarga procedente del agua lluvia es la entrada neta a una superficie delimitada con alta capacidad de infiltración o roca suficientemente permeable (Unesco, 1998). Por otra parte, el proceso de descarga natural se da mediante los afloramientos de agua denominados manantiales, siendo estos permanentes o estacionarios, donde permiten el flujo de agua hacia los acuíferos o cuerpos de agua superficiales en épocas de sequía. (Custodio y Llamas. 1983).

Para poder calcular la recarga potencial se hace uso de la metodología presentada por el (SGC, 2015) como parte del proyecto "Modelo Hidrogeológico Conceptual Valle Medio del Magdalena", el cual se basa en un método de análisis de balance de suelos presentado por (Shosinsky, G., 2007), donde se considera la precipitación mensual, retención pluvial, capacidad de infiltración de suelos y pendiente del terreno. Estas variables permiten estimar la recarga neta, mediante el desarrollo de un balance hídrico que trabaja con información regionalizada.

A continuación, se presenta la metodología a seguir:

- En primera instancia se determina la fracción de lluvia que es interceptada por la Cobertura vegetal, es decir la **retención**. Esta misma considera el coeficiente de follaje (*Cfo*) como el porcentaje de lluvia mensual que es retenida por la cobertura vegetal. Para bosques muy densos se tiene en cuenta una retención de 20% y para follajes 12% (Linsley *et al*., 1958).

- Luego se establece el coeficiente de infiltración (Ci) una vez que se determina la fracción infiltrada por efecto de la pendiente (Kp), la fracción por efecto de cobertura vegetal (Kv) y la fracción que infiltra por textura del suelo (Kfc) (ONU, 1972).

- Seguidamente, se determina los valores de la infiltración Pluvial mensual (Pi), considerando la precipitación mensual, la retención por el follaje y el coeficiente de infiltración (Ci). El cálculo de la infiltración (Pi) se da por la siguiente ecuación.

$$Pi = (Ci)(P - Ret)$$

- Por último, se calculan los valores de recarga potencial (Rp), mediante la siguiente ecuación.

$$Rp = Pi - ETR$$

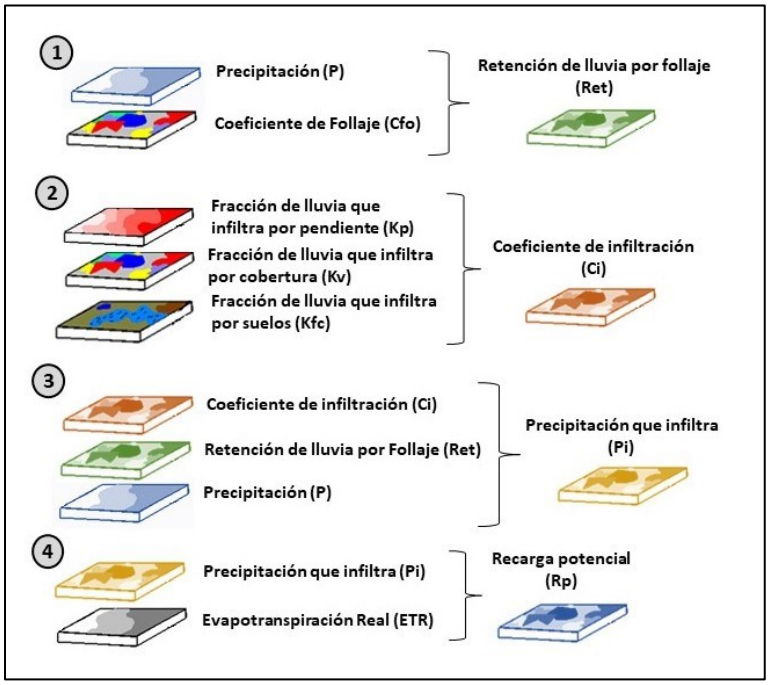


Figura 57. Metodología de Shosinsky. Tomado de SGS, Colombia, 2021.

10.7.3.1 Fracción de lluvia interceptada por el Follaje (Ret)

Para el cálculo de la retención de lluvia mensual interceptada por la cobertura vegetal, se debe tener los valores de ***Cfo*** para follajes y bosques muy densos (0,12 y 0,20 respectivamente). Así mismo, se considera la precipitación media mensual multianual (*Tabla 12*), cuyo análisis se encuentra desde el año 2017-2020. El cálculo de la retención se da mediante la *Ecuación 2*.

Ecuación 2. Cálculo de la retención.

$$\mathbf{1})\ \ Si\ P < o = a\frac{5mm}{mes}\ \therefore Ret = P$$

$$\mathbf{2})\ Si\ (P)(Cfo)\ es > o = a\frac{5mm}{mes}\ \therefore Ret = (P)(Cfo)$$

$$\mathbf{3})\ Si\ P\ es > de\frac{5mm}{mes}\ y\ el\ (P)(Cfo) < 5\ \therefore Ret = 5$$

Teniendo claridad en el cálculo de retención, se realiza la multiplicación del mapa de cobertura vegetal con reclasificación del (***Cfo***) y los mapas de interpolación de precipitación media mensual multianual.

Los valores de retención de follaje, se designaron de acuerdo al tipo de cobertura vegetal según el POMCA Rio Ariporo (2017). (*Figura 58*)

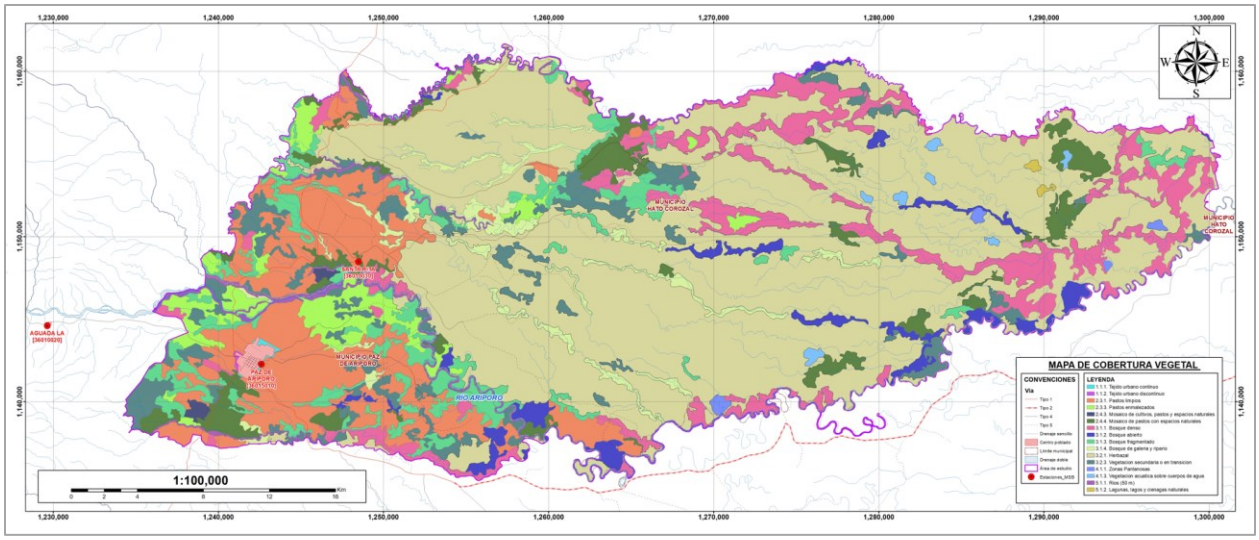


Figura 58. Mapa de Cobertura vegetal. Fuente: POMCA Rio Ariporo. 2017.

En la *Figura 59* se observa la reclasificación de la cobertura vegetal, acuerdo con el coeficiente de retención por efecto del follaje (***Cfo***).

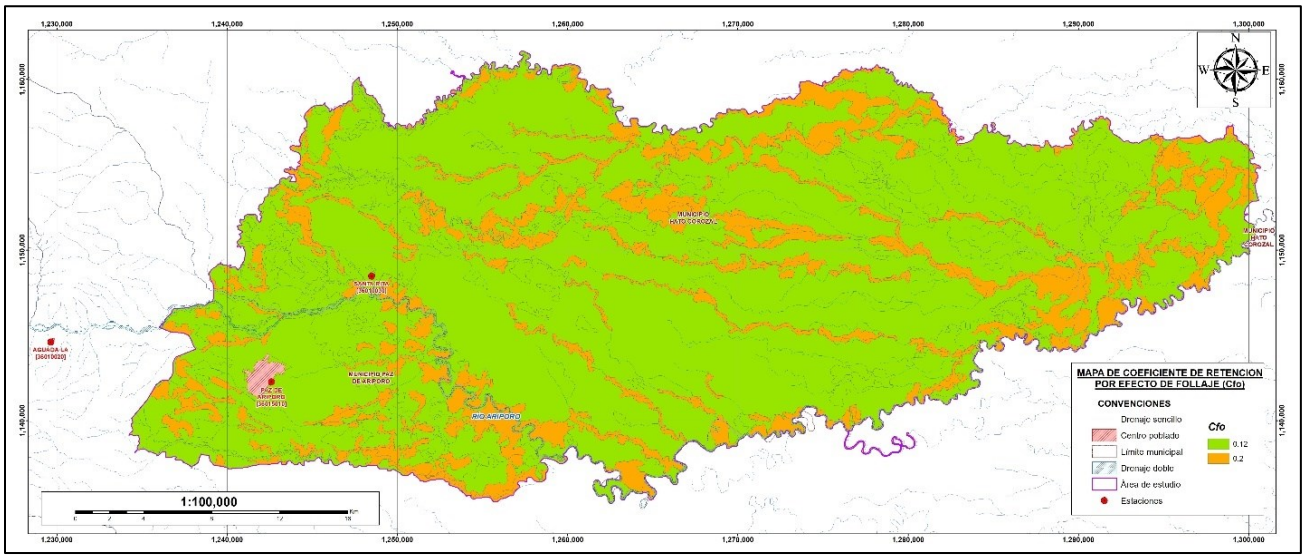
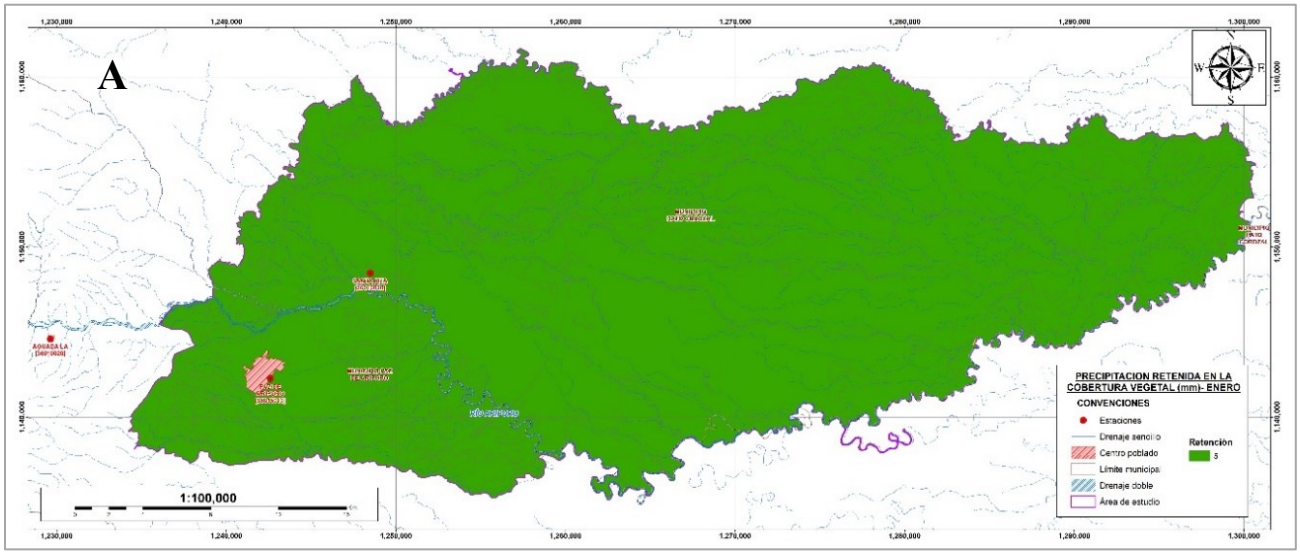


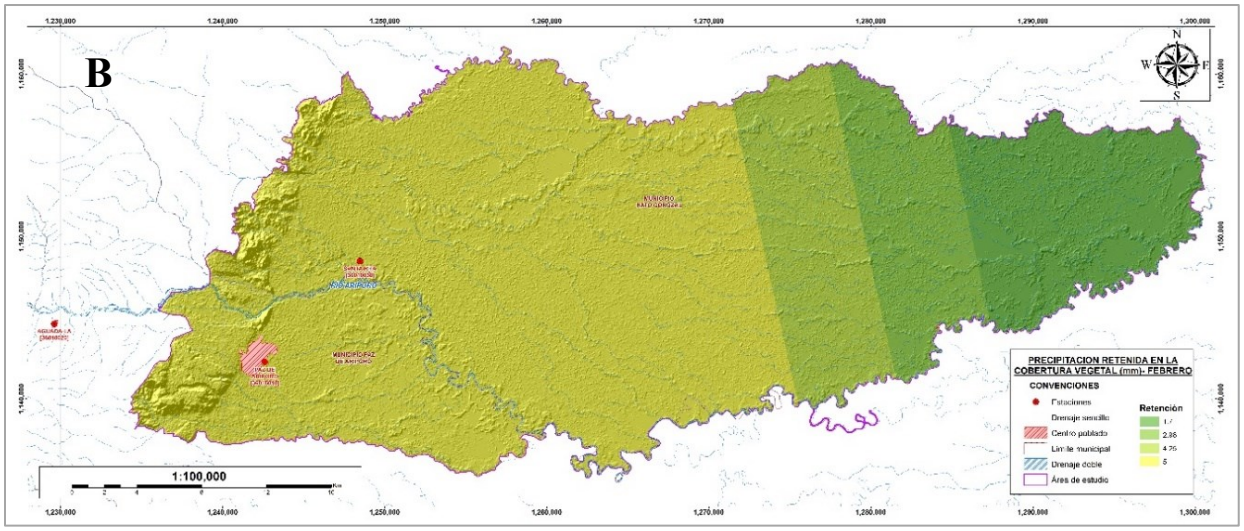
Figura 59. Mapa de coeficiente de retención por efecto del follaje (***Cfo***). Fuente: Autor.

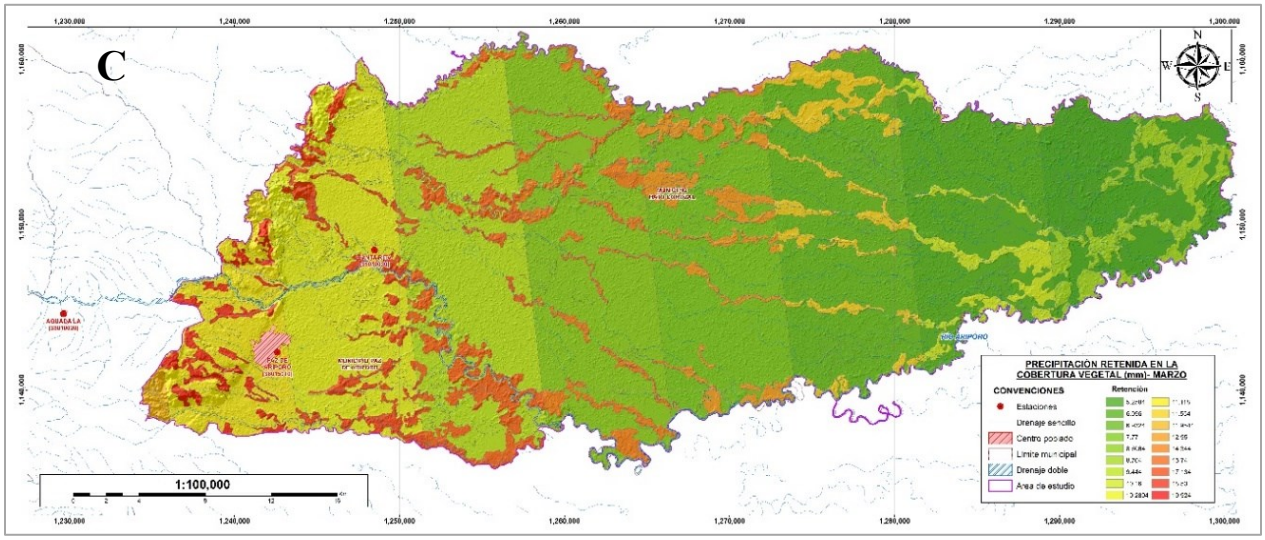
Tabla 13. Tabla de reclasificación del ***Cfo***.

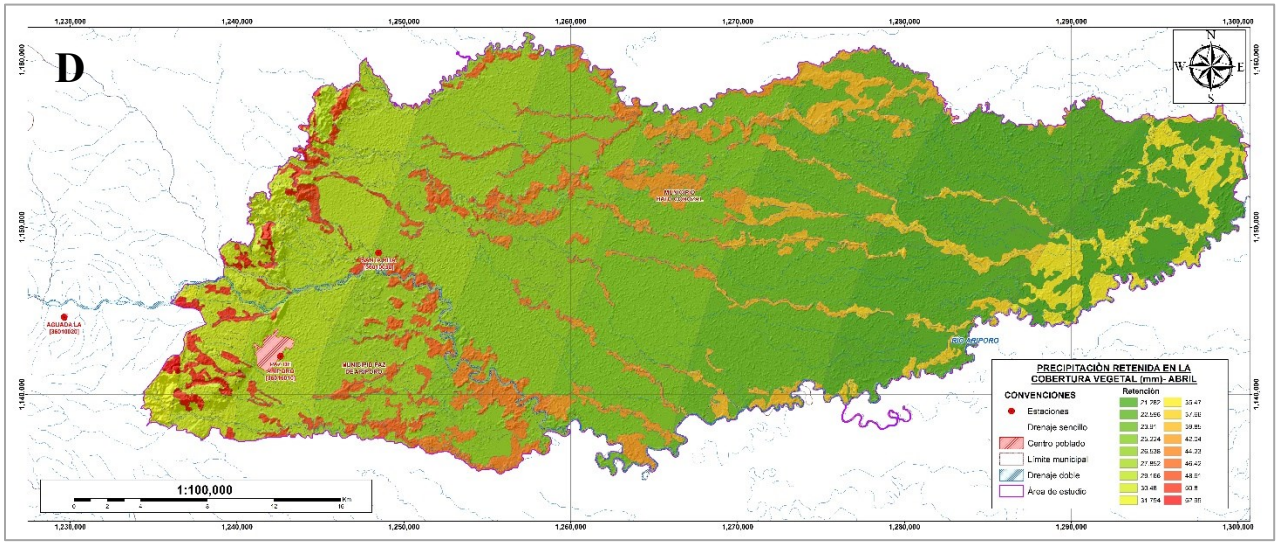
Tipo de cobertura	Cfo
• Bosque denso • Bosque abierto • Bosque fragmentado • Bosque de galería y ripario.	0,20
• Tejido urbano continuo • Tejido urbano discontinuo • Pastos limpios • Pastos enmalezados • Mosaico de cultivos, pastos y espacio natural • Mosaico de pastos con espacios naturales • Herbazal • Vegetación secundaria o de transición • Zonas pantanosas • Vegetación acuática sobre cuerpos de agua • Ríos (50m) • Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,12

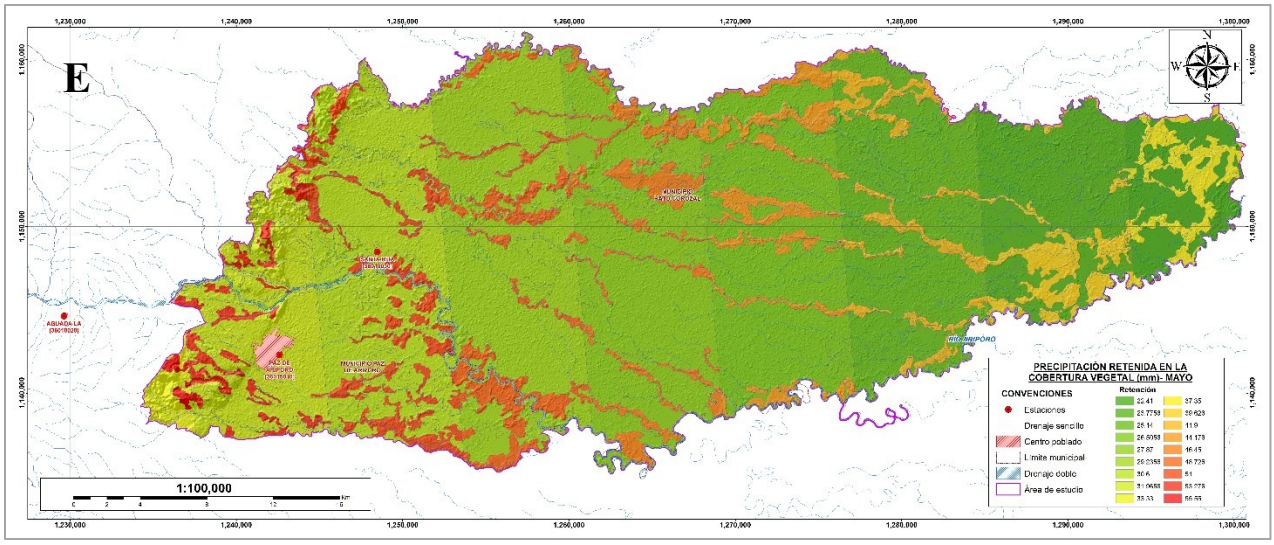
A continuación, se observan en la Figura, la retención de los meses multianuales en el periodo 2017-2020:

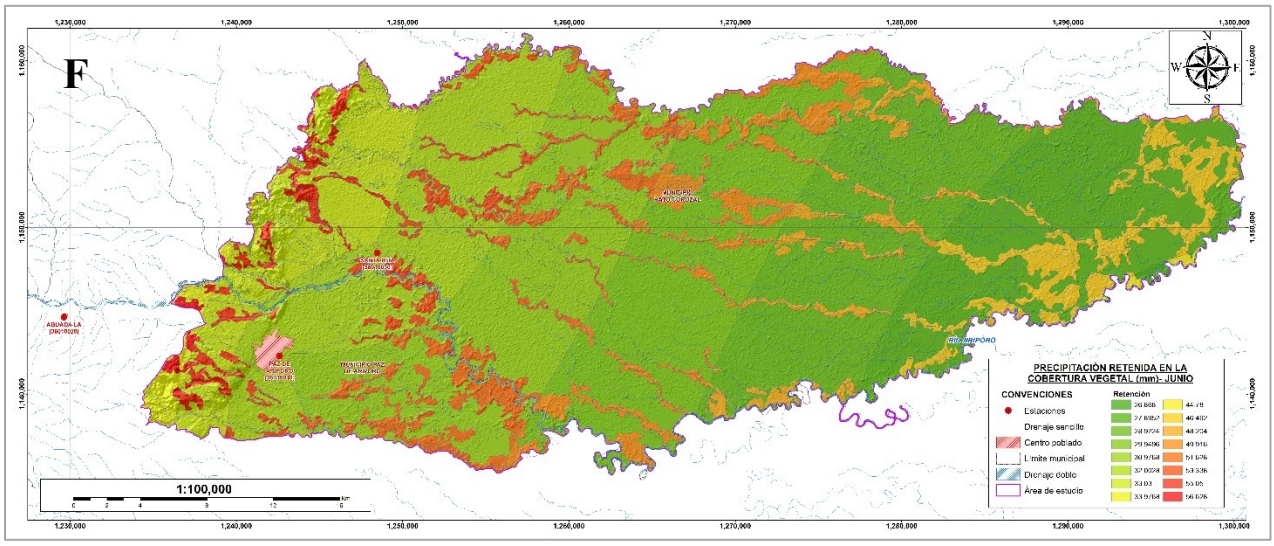


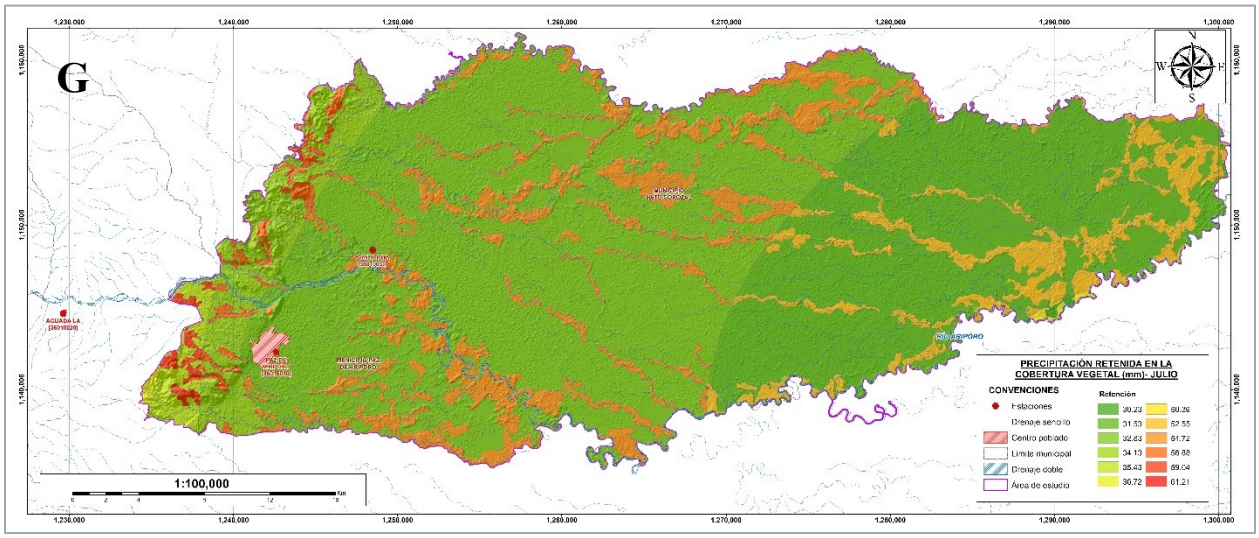

B
PRECIPITACION RETENIDA EN LA COBERTURA VEGETAL (mm)- FEBRERO
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Limite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
Retención
1:100,000

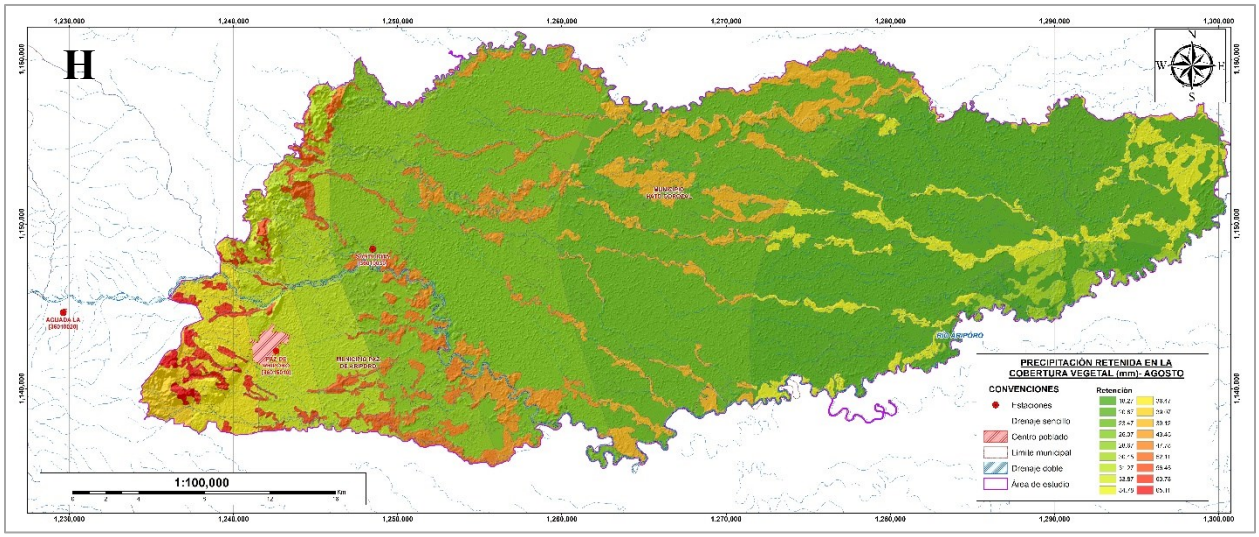

C
PRECIPITACION RETENIDA EN LA COBERTURA VEGETAL (mm)- MARZO
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Limite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
Retención
1:100,000

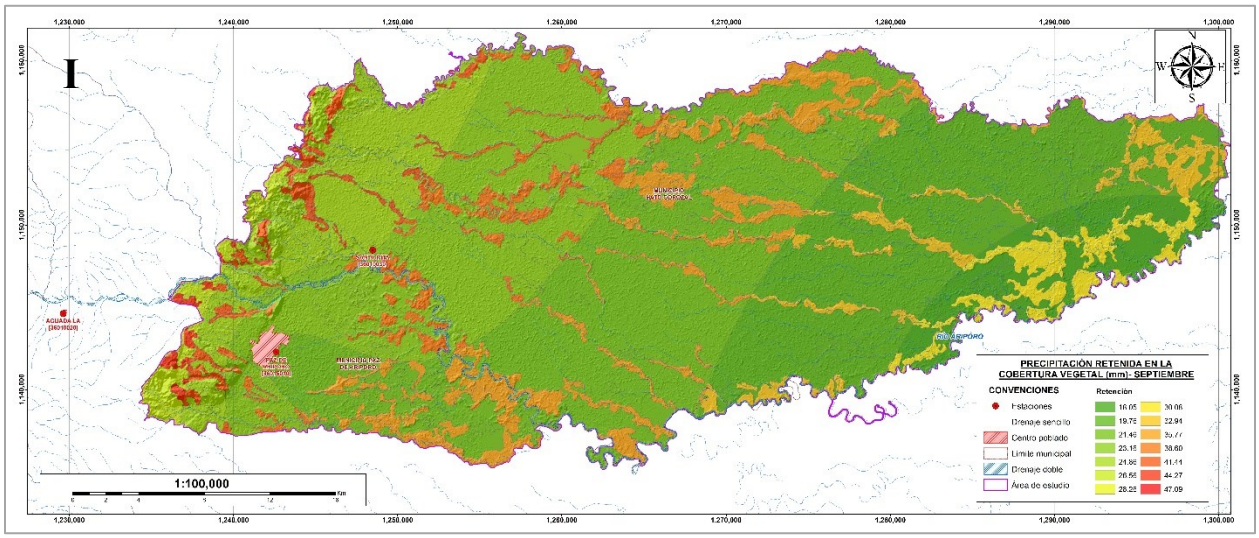

D
PRECIPITACIÓN RETENIDA EN LA COBERTURA VEGETAL (mm)- ABRIL
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Limite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
Retención
1:100,000

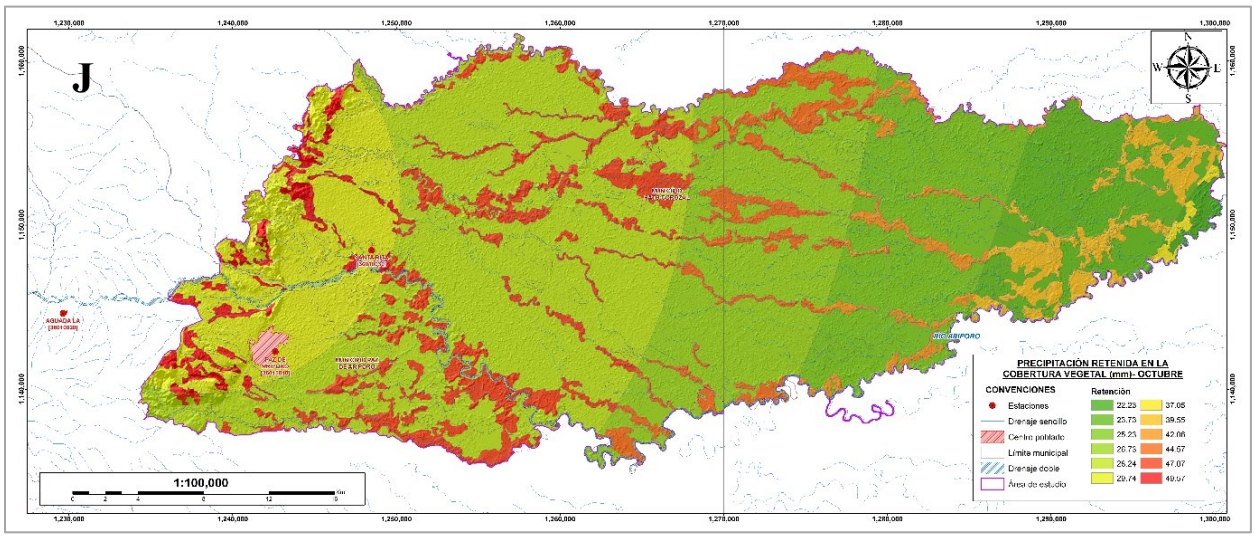

E
1:100,000
PRECIPITACIÓN RETENIDA EN LA COBERTURA VEGETAL (mm)- MAYO
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
Retención


F
1:100,000
PRECIPITACIÓN RETENIDA EN LA COBERTURA VEGETAL (mm)- JUNIO
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
Retención


G
1:100,000
PRECIPITACIÓN RETENIDA EN LA COBERTURA VEGETAL (mm)- JULIO
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
Retención


H
PRECIPITACIÓN RETENIDA EN LA COBERTURA VEGETAL (mm)- AGOSTO
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
Retención
1:100,000


I
PRECIPITACIÓN RETENIDA EN LA COBERTURA VEGETAL (mm)- SEPTIEMBRE
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
Retención
16.05
19.75
21.46
23.15
24.86
26.56
28.25
30.06
32.94
35.60
41.11
44.27
47.09
1:100,000


J
PRECIPITACIÓN RETENIDA EN LA COBERTURA VEGETAL (mm)- OCTUBRE
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
Retención
22.23
23.73
25.23
26.73
28.24
29.74
37.05
39.55
42.06
44.57
47.07
49.57
1:100,000

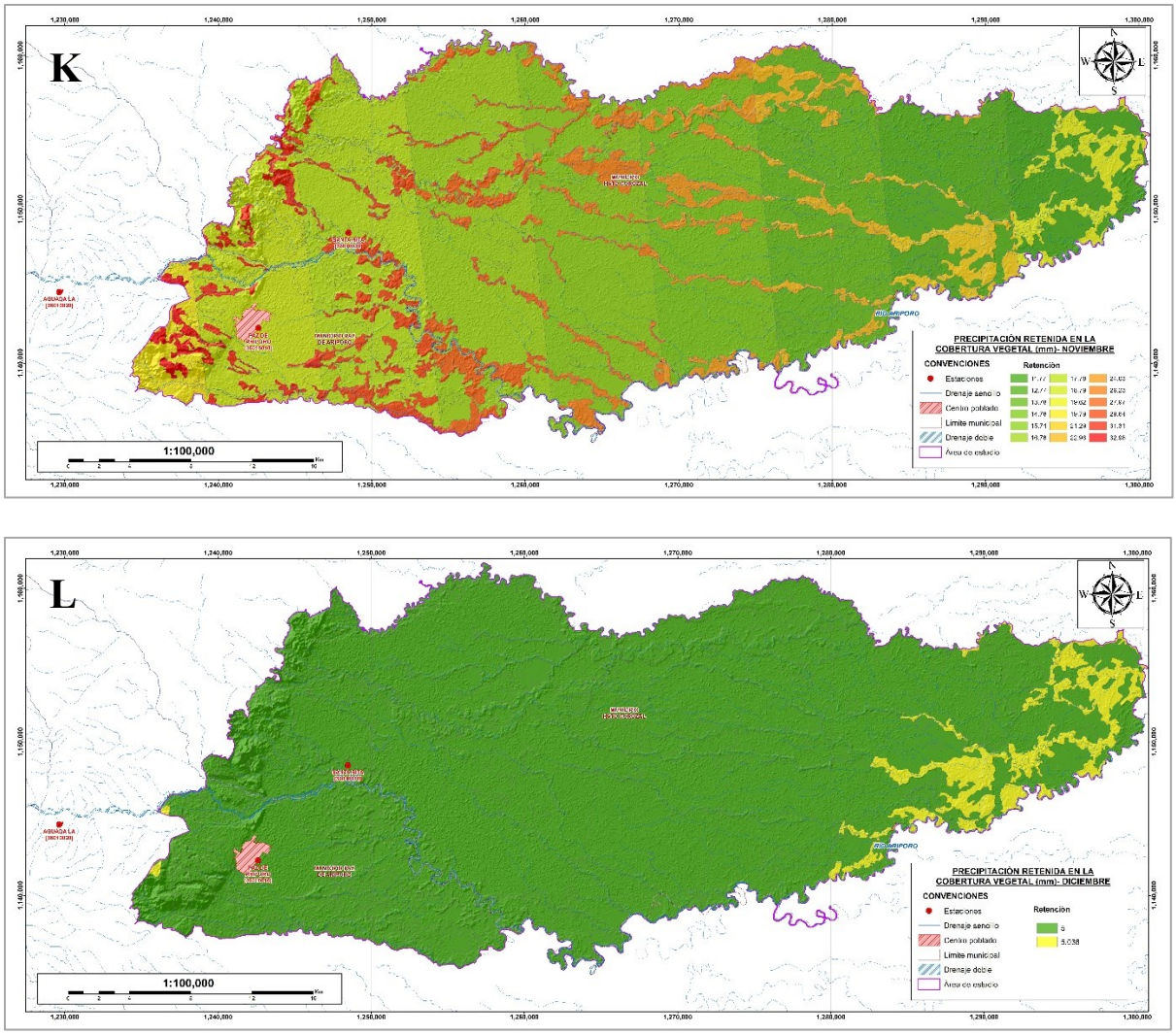


Figura 60. Precipitaciones retenidas mensuales multianuales. **A.** Enero, **B.** Febrero, **C.** Marzo, **D.** Abril, **E.** Mayo, **F.** Junio, **G.** Julio, **H.** Agosto, **I.** Septiembre, **J.** Octubre, **K.** Noviembre**, L.** Diciembre.

10.7.3.2 Coeficiente de infiltración.

El coeficiente de infiltración determina la cantidad de agua que se infiltra mensualmente hacia el suelo. Este coeficiente es el factor que se debe multiplicar por la precipitación mensual, para obtener la incidencia de infiltración en el terreno. En la *Ecuación 3* se observa el cálculo para el coeficiente de infiltración:

Ecuación 3. Ecuación del Coeficiente de infiltración.

$$Si\ Kp + Kv + Kfc\ es >\ de\ 1, Ci = 1$$

$$Si\ Kp + Kv + Kfc\ es < o = a\ 1\ \therefore Ci = Kp + Kv + Kfc$$

Como se observa, se tienen tres factores diferentes que intervienen en la infiltración del agua hacia el terreno, donde se consideran la textura del suelo (***Kfc***), la pendiente (***Kp***) y la cobertura vegetal (***Kv***). (ONU, 1972)

- ***Kfc***

Uno de los factores más importantes es el coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo (***Kfc***) que está dado por *Ecuación 4* . (Shosinsky y Losilla, 2000).

Ecuación 4. Cálculo del coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo ***Kfc.***

- Si, los valores de ***fc*** están entre 16 y 1568 mm/día

$$Kfc = 0{,}267 \ln(fc) - 0.000154fc - 0.723$$

Dónde ***fc*** (mm/día) = Infiltración básica del suelo

- Si los valores de ***fc*** son menores a 16mm/día

$$Kfc = \frac{0{,}0148fc}{16}$$

- Para valores de ***fc*** mayores a 1568 mm/día

$$Kfc = 1$$

Los valores de ***fc*** corresponden a la permeabilidad del suelo saturado. Este valor se obtiene en campo a través de diferentes métodos, pero como la obtención del mismo es muy limitado, se desarrollaron múltiples pruebas de valor de (Kfc), de acuerdo con cada textura del suelo. (*Tabla 14*).

Tabla 14. Coeficientes de acuerdo con las texturas del suelo. Tomado de Shosinsky y Losilla (2000).

Textura del suelo	**Kfc**
Arcilla compacta impermeable	0,10
Suelo de textura fina	0,15
Combinación de limo y arcilla	0,20
Suelos con texturas finas a medias	0,25
Suelos de textura media	0,30
Suelos limo arenoso no muy compacto	0,40
Suelo con roca fracturada	0,50

Para obtener el mapa del factor de infiltración debido a la textura del suelo (***Kfc***), se hace uso del mapa de suelos de Casanare, donde se reclasifica el valor de (***Kfc***), de acuerdo con (Shosinsky y Losilla, 2000). (*Figura 61* y *Tabla 15*)

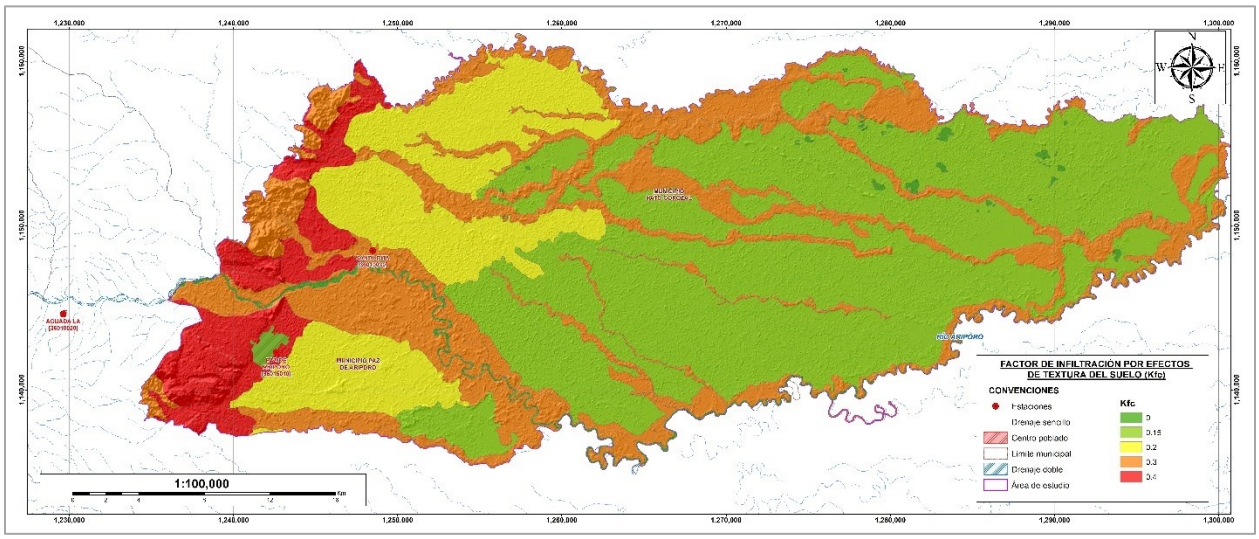


Figura 61. Mapa de infiltración por efecto de la textura del suelo (***Kfc***).

Tabla 15. Valores de Kfc definidos para el estudio.

UCS	Textura	Kfc
RVA	Arcillosa	0,15
PVG	Arenosa	0,4
VVB	Arenosa	0,4
PVE	Arenosa	0,4
PVH	Arenosa	0,4
VVA	Arenosa	0,4
PVA	Arenosa	0,4
LVA	Arenosa a arcillosa	0,3
VVC	Arenosa a arcillosa	0,3
LVD	Arenosa a limosa	0,4
PVC	Arenosa a limosa	0,4
CA	Cuerpo Agua	0
RVG	Limosa	0,3
RVF	Limosa	0,3
VVD	Limosa	0,3
PVB	Limosa a arcillosa	0,2
ZU	ZU	0

- **Kv y Kp**

Para el coeficiente de tipo de cobertura se tiene una reclasificación del mapa de cobertura vegetal, de acuerdo con la *Tabla 16*, *Tabla 17* y *Figura 62*.

Tabla 16. Valores de Kc en función de la cobertura vegetal. Tomado de Shosinsky y Losilla (2000).

Cobertura vegetal	Kv
Agua, Centros poblados y áreas impermeables	0,05
Terrenos cultivados	0,10
Cobertura con pastizal	0,18
Bosques	0,20

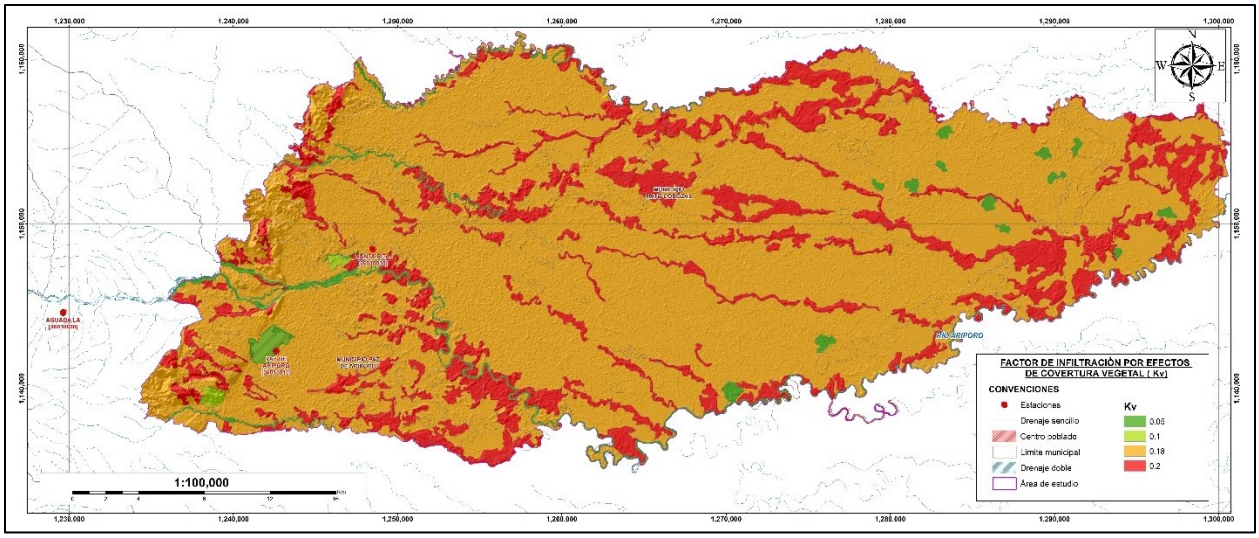


Figura 62. Mapa de infiltración por efecto de la cobertura vegetal (***Kv***)

Tabla 17. Valores de ***Kv*** definidos para el estudio.

Tipo de Cobertura	Kv
Tejido urbano continuo, Tejido urbano discontinuo, Zonas Pantanosas, Vegetación acuática sobre cuerpos de agua, Ríos (50 m), Lagunas lagos y ciénagas naturales.	0,05
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	0,1
Pastos limpios, Pastos enmalezados, Mosaico de pastos con espacios naturales, Herbazal, Vegetación secundaria o en transición	0,18
Bosque denso, Bosque abierto, Bosque fragmentado, Bosque de galería y ripario.	0,2

En cuanto al coeficiente de infiltración de pendientes (***Kp***) se debe tener en cuenta el mapa de pendientes obtenido a partir del DEM, para poder reclasificar de acuerdo con la *Tabla 18*.

Tabla 18. Valores de Kp en función de la pendiente del terreno. Tomado de Shosinsky y Losilla (2000).

Pendiente		**Kp**
Muy plana	0.02% - 0.06%	0,30
Plana	0.3%-0.4%	0,20
Algo Plana	1%-2%	0,15
Promedio	2%-7%	0,10
Fuerte	Mayor de 7%	0,06

En la *Figura 63* se observa el mapa de acuerdo al factor de infiltración por efecto de la pendiente del terreno.

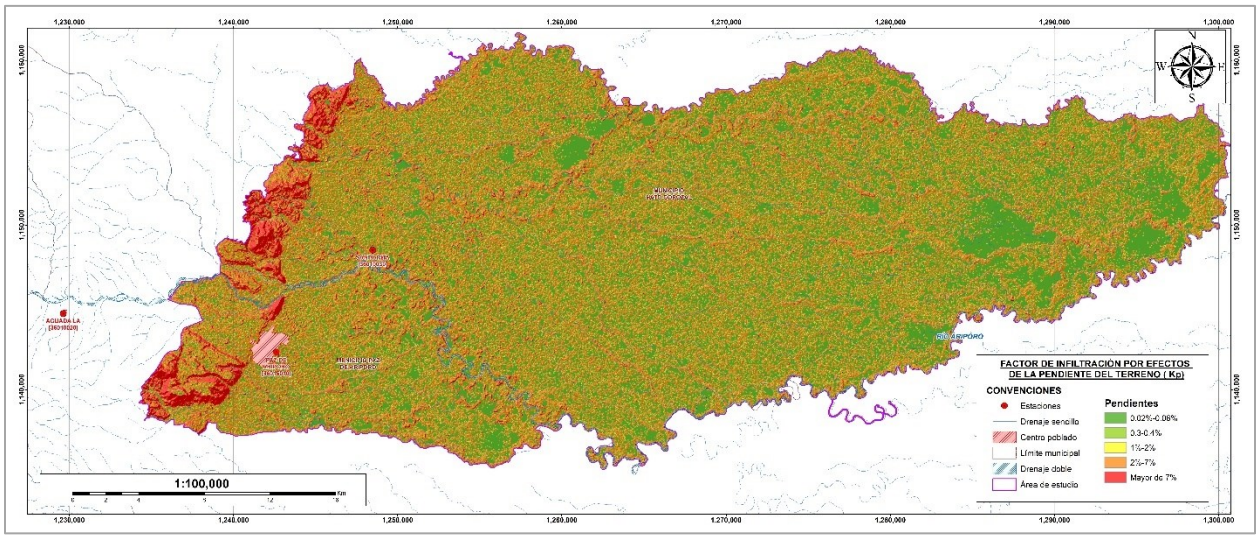


Figura 63. Factor de infiltración por efecto de la pendiente del terreno (***Kp***).

Al tener los coeficientes ***Kfc***, ***Kp*** y ***Kv***, se obtiene el coeficiente de infiltración del suelo (**Ci**), el cual incluye los tres factores que intervienen en la infiltración del agua en el terreno. En la *Figura 64* observa el mapa de coeficiente de infiltración para el área de estudio.

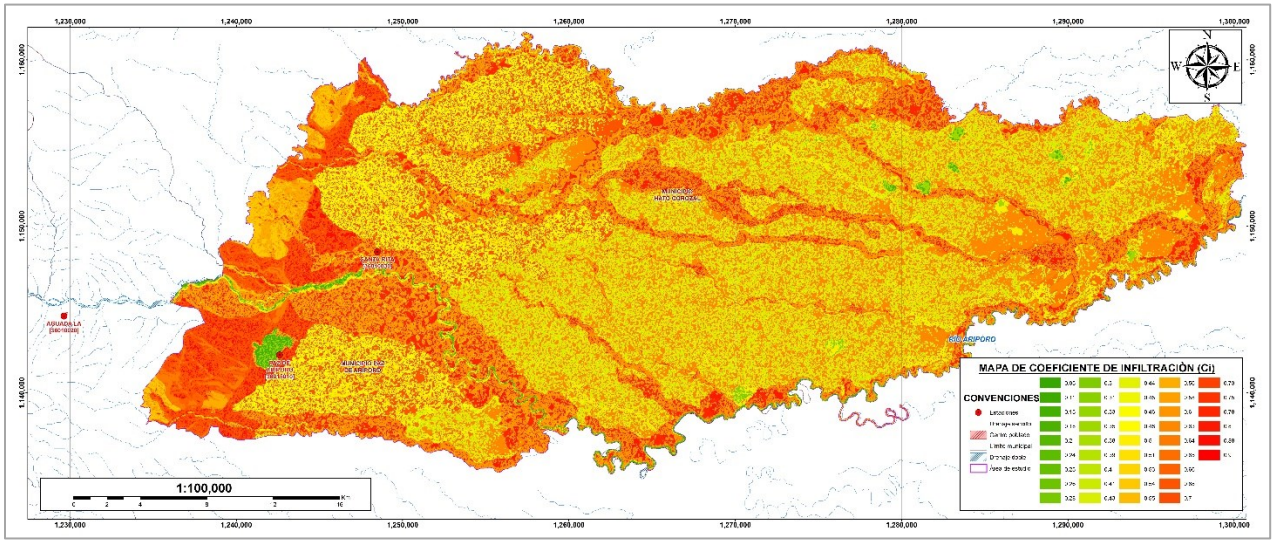


Figura 64. Mapa de coeficientes de infiltración (**Ci**).

10.7.3.3 Cálculo de infiltración pluvial mensual

Para el cálculo de la infiltración pluvial mensual, es necesario tener la precipitación mensual multianual, la retención pluvial mensual por la cobertura vegetal (Cfo) y el coeficiente de infiltración. La *Ecuación 5* permite el cálculo de la precipitación que infiltra mensualmente, definida de la siguiente manera:

Ecuación 5. Cálculo de infiltración pluvial mensual.

$$Pi = (Ci)(P - Ret)$$

Donde:

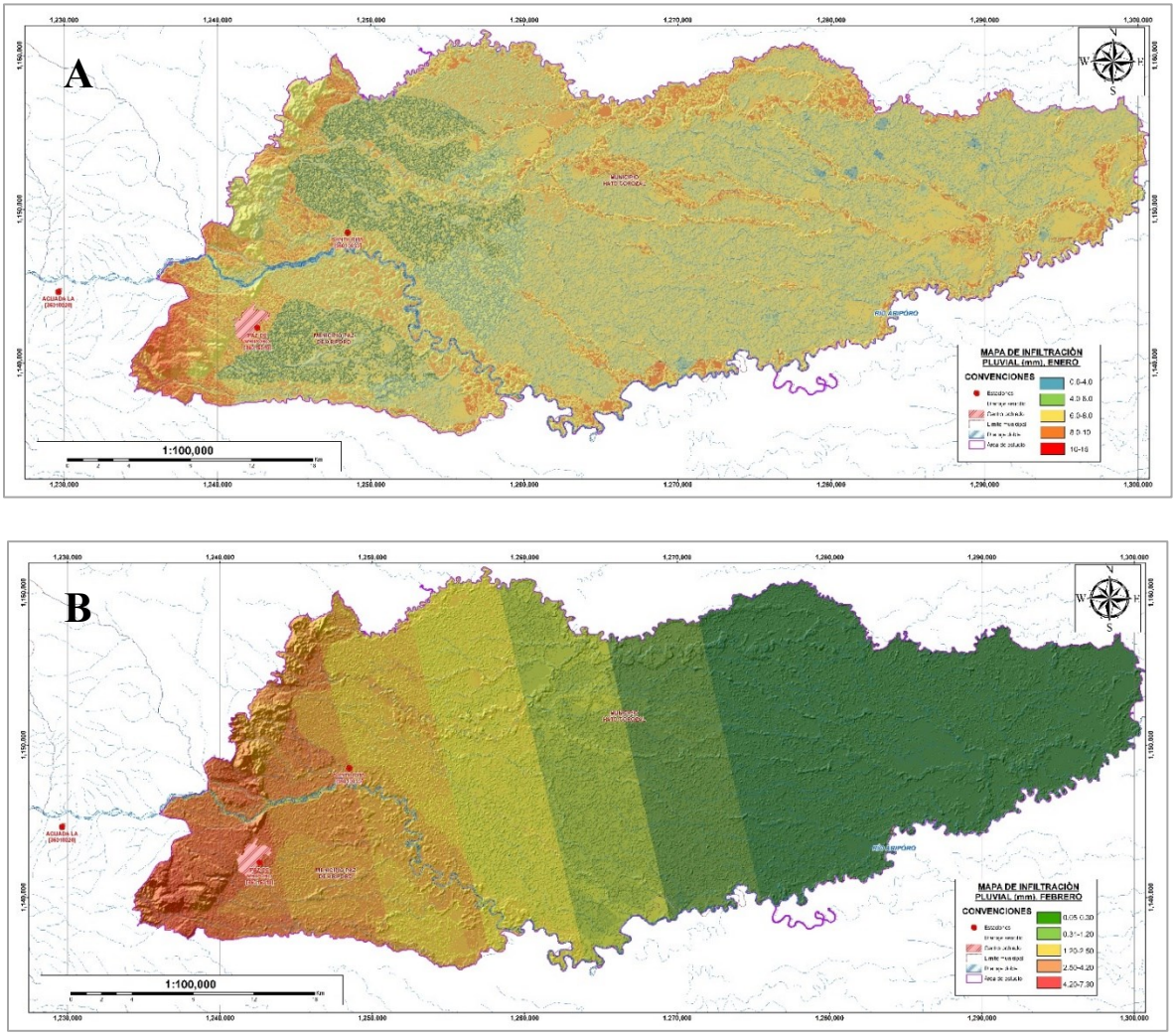
Pi = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en (mm/mes)

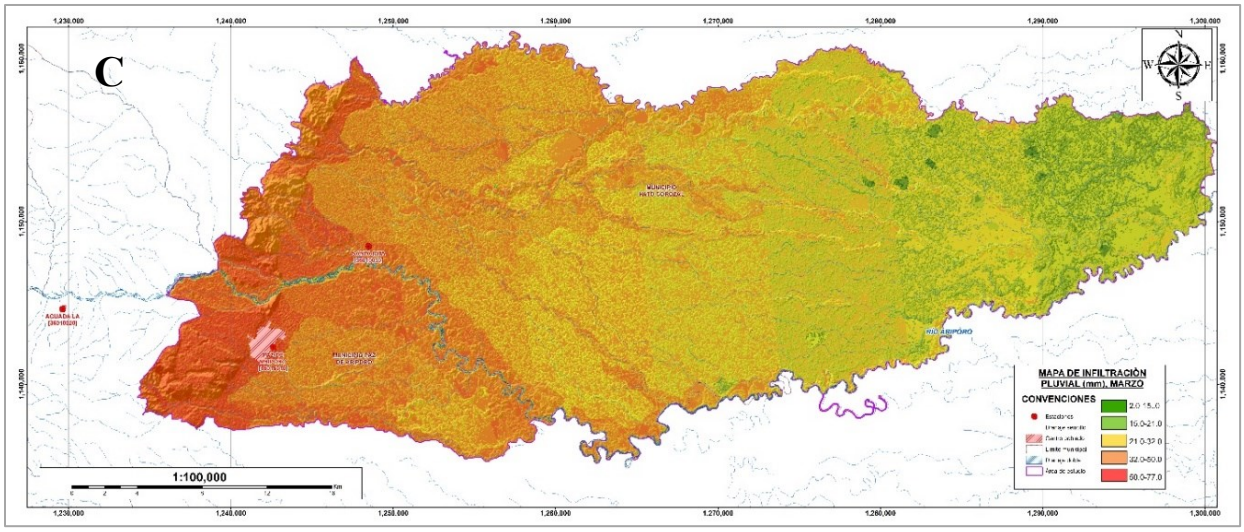
Ci = Coeficiente de infiltración.

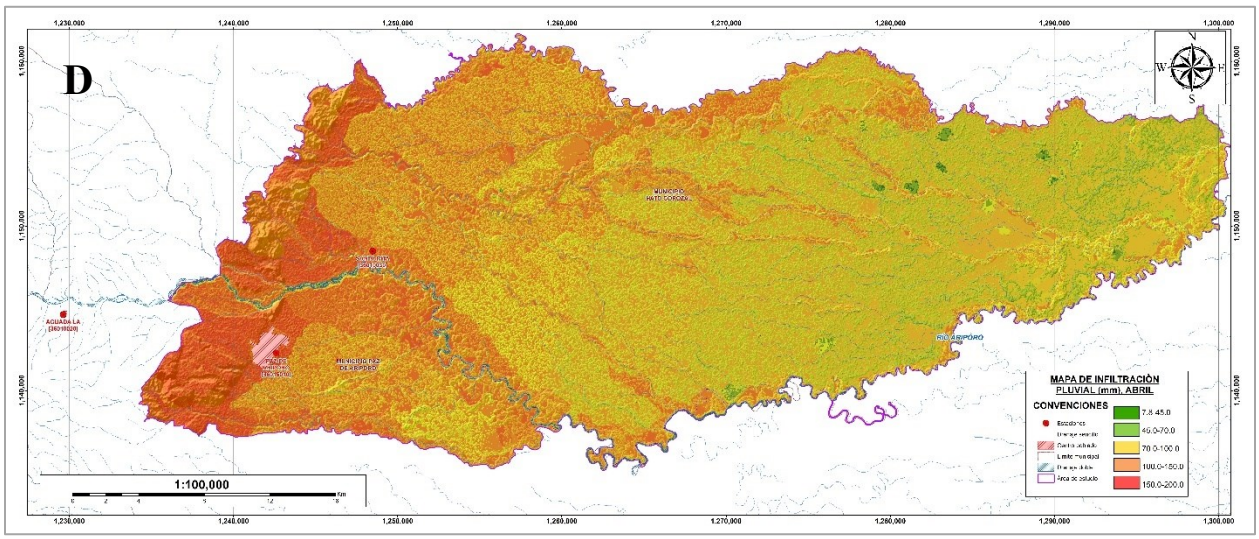
P = Precipitación media mensual multianual en (mm/mes).

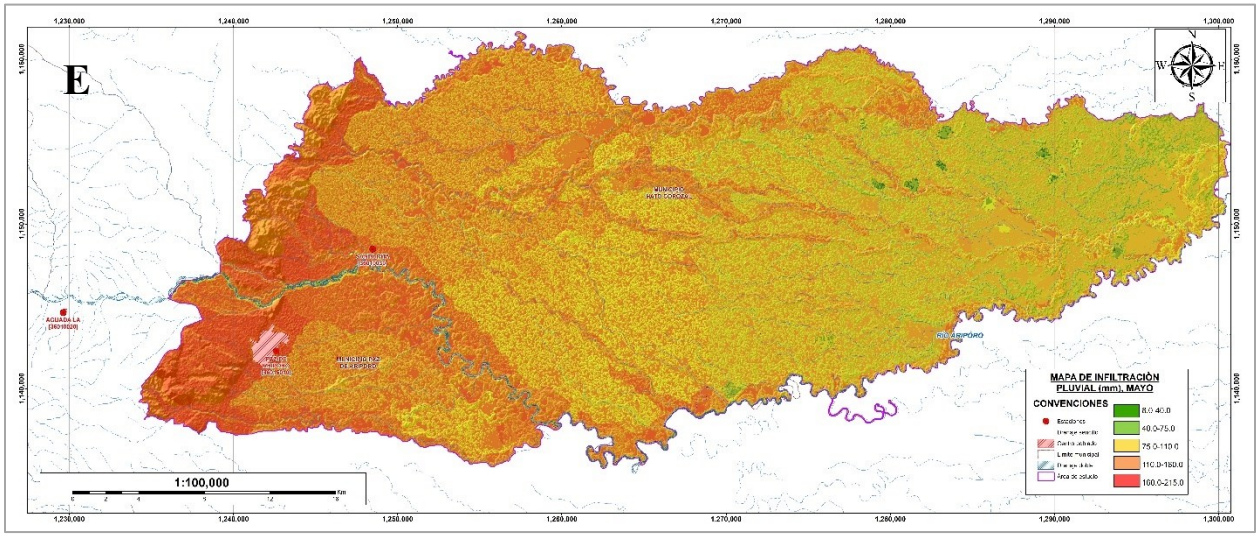
Ret = Retención de lluvia mensual por cobertura vegetal en (mm/mes).

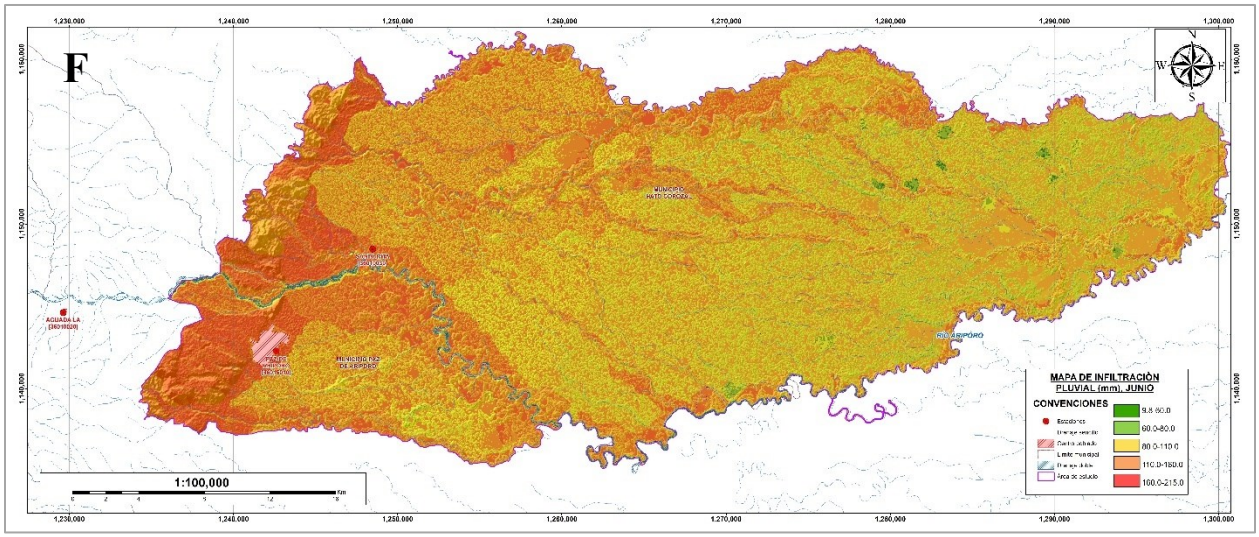
En la *Figura 65* se presenta la infiltración pluvial mensual multianual, para la zona de estudio.

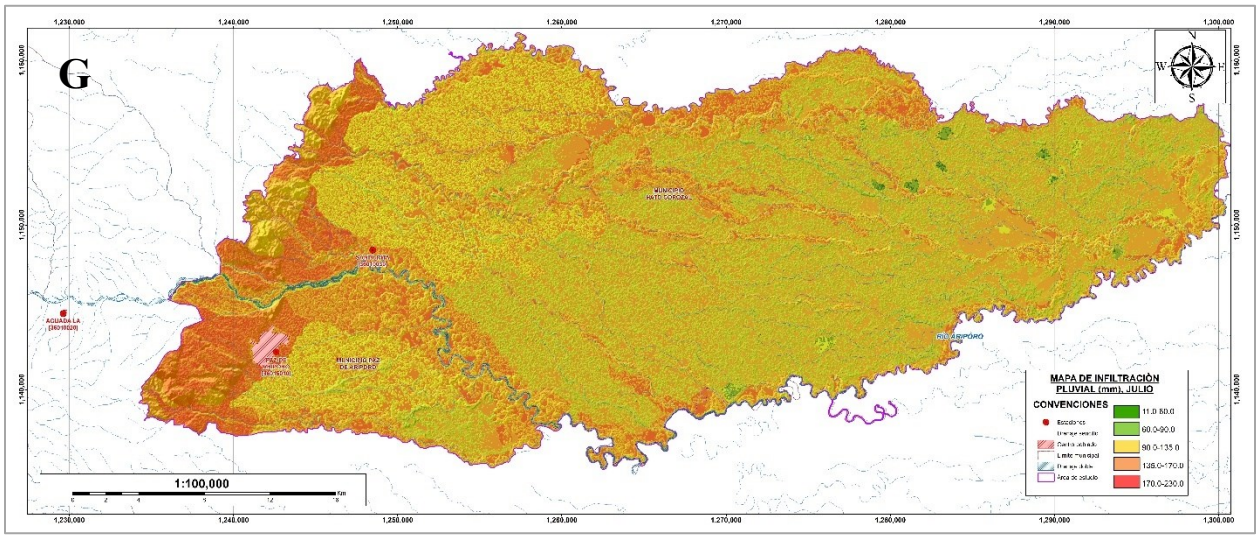


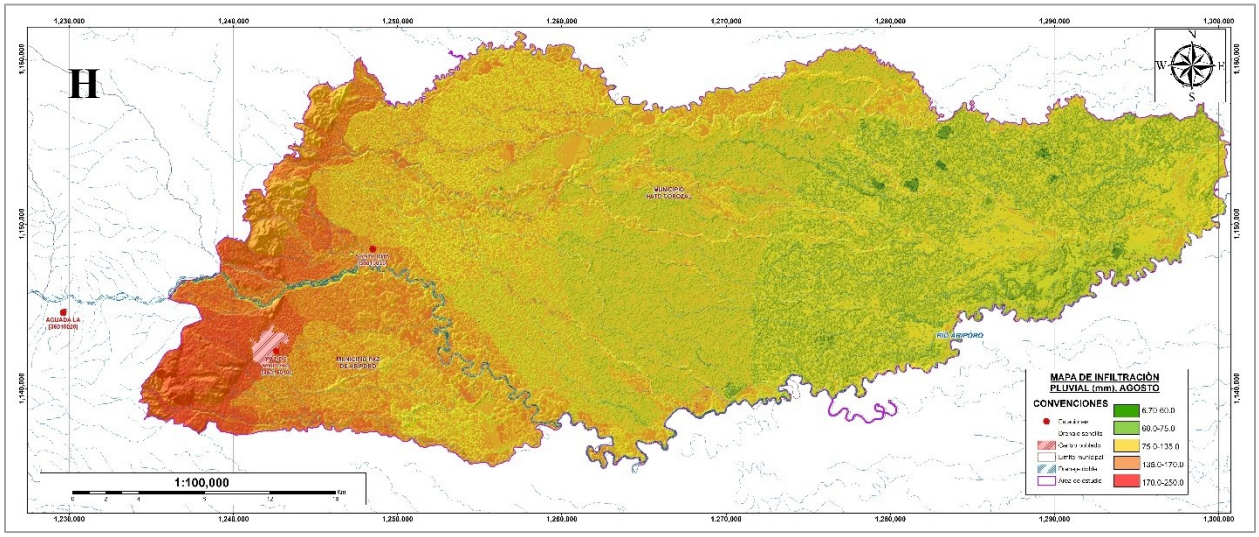

C
MAPA DE INFILTRACIÒN PLUVIAL (mm), MARZO
CONVENCIONES
1:100,000

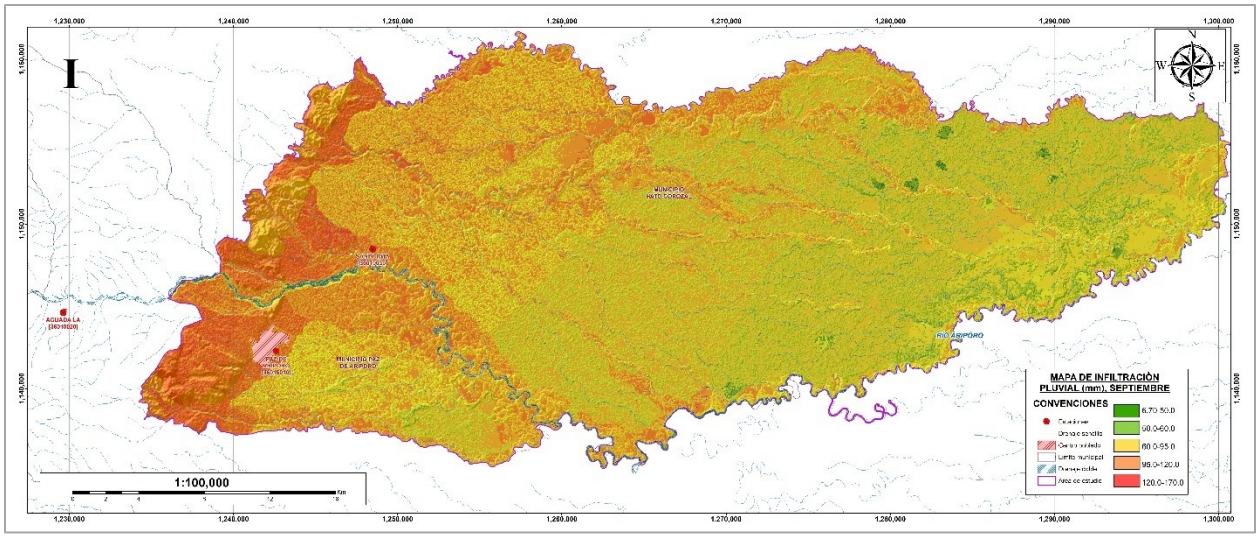

D
MAPA DE INFILTRACIÒN PLUVIAL (mm), ABRIL
CONVENCIONES
1:100,000

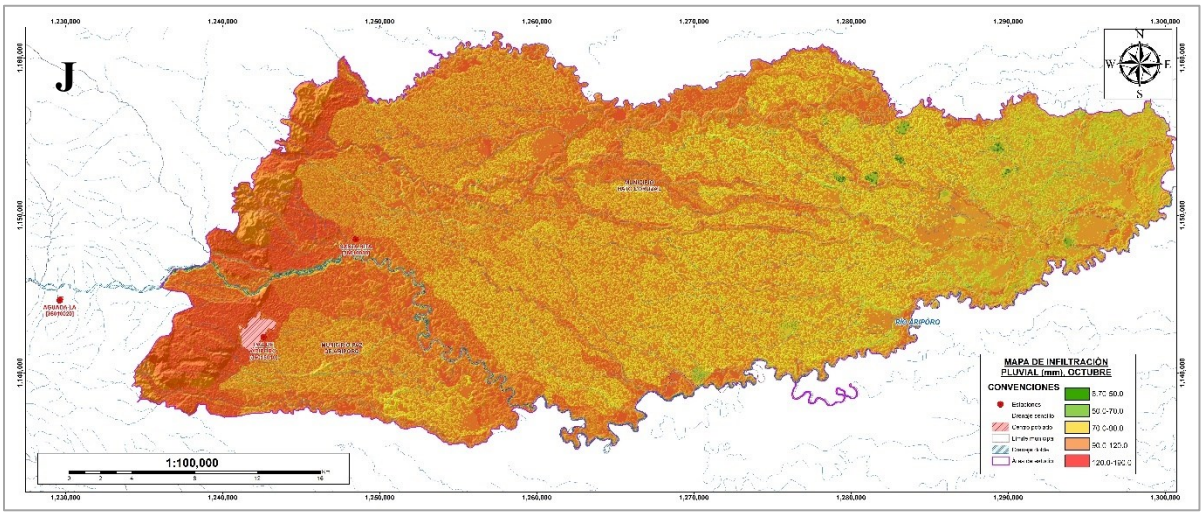

E
MAPA DE INFILTRACIÒN PLUVIAL (mm), MAYO
CONVENCIONES
1:100,000

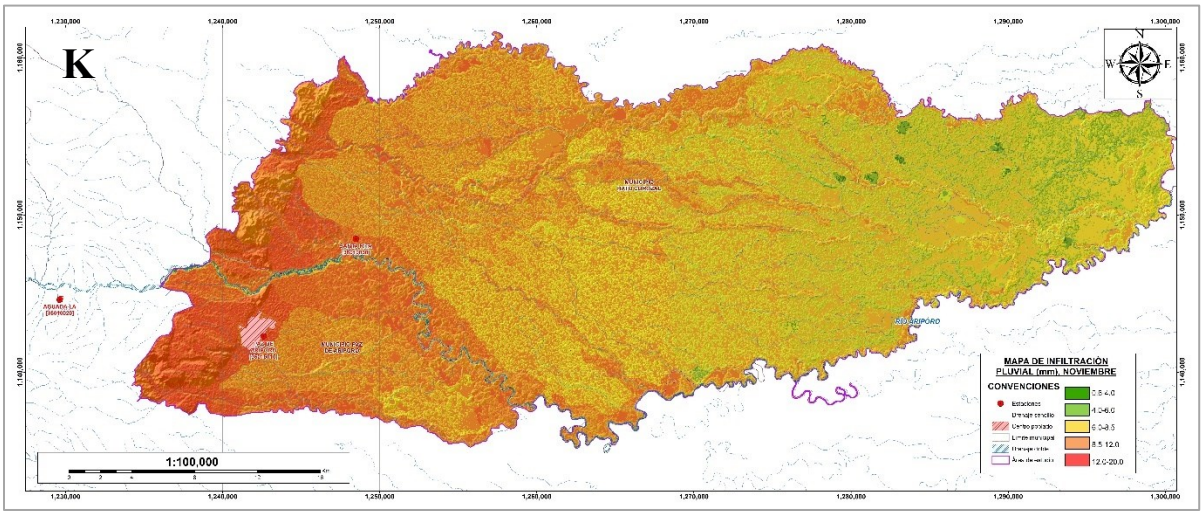

F
MAPA DE INFILTRACIÒN
PLUVIAL (mm), JUNIO
CONVENCIONES
1:100,000


G
MAPA DE INFILTRACIÒN
PLUVIAL (mm), JULIO
CONVENCIONES
1:100,000


H
MAPA DE INFILTRACIÒN
PLUVIAL (mm), AGOSTO
CONVENCIONES
1:100,000


I
MAPA DE INFILTRACIÒN PLUVIAL (mm), SEPTIEMBRE
CONVENCIONES
1:100,000


J
MAPA DE INFILTRACIÒN PLUVIAL (mm), OCTUBRE
CONVENCIONES
1:100,000


K
MAPA DE INFILTRACIÒN PLUVIAL (mm), NOVIEMBRE
CONVENCIONES
1:100,000

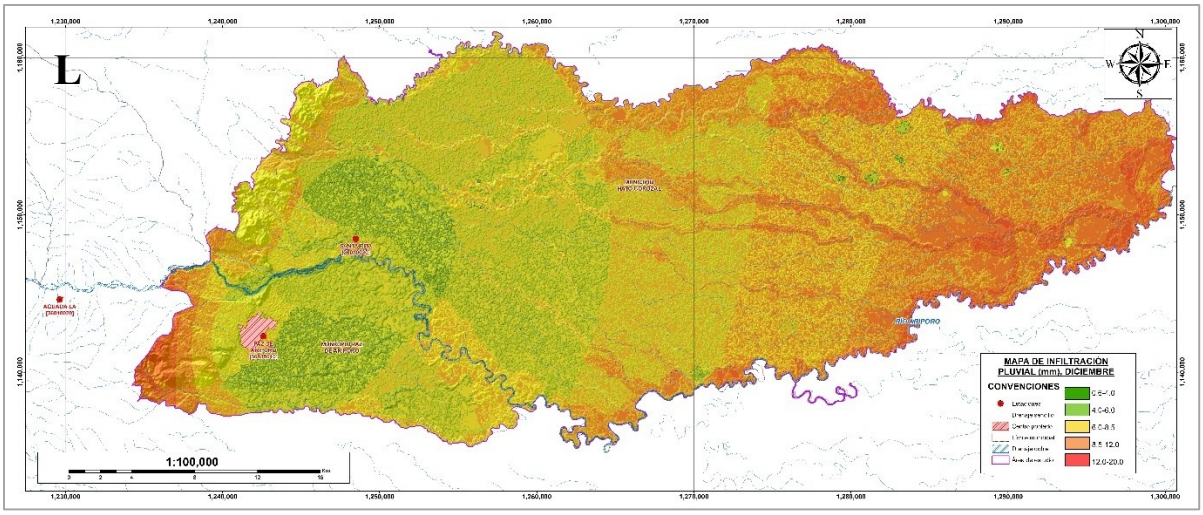


Figura 65. Infiltraciones pluviales mensuales multianuales. **A.** Enero, **B.** Febrero, **C.** Marzo, **D.** Abril, **E.** Mayo, **F.** Junio, **G.** Julio, **H.** Agosto, **I.** Septiembre, **J.** Octubre, **K.** Noviembre**, L.** Diciembre.

10.7.3.4 Cálculo de recarga potencial al acuífero (Rp)

La recarga al acuífero comienza cuando el agua sobrante, queda como resultado de haber llevado primeramente el suelo a capacidad de campo y de satisfacer la evapotranspiración de las plantas (Shosinsky, 2007). La *Ecuación 6* permite calcular el anterior proceso de la siguiente manera:

Ecuación 6. Cálculo de la Recarga potencial.

$$Rp = Pi - ETR$$

Donde:

Rp = Recarga potencial mensual en mm/mes

Pi = Precipitación que infiltra en mm/mes

ETR= Evapotranspiración Real en mm/mes

Como la ecuación trabaja con evapotranspiración real (ETR) y en el balance hídrico se cuenta con la evapotranspiración potencial corregida (ETP), se asume que la lámina de agua que

se evapotranspira es de alrededor del 45% de la ETP, dada las condiciones tan especificas del estudio. Por lo tanto, la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$Rp = Pi - (0.45)(ETP)$$

Teniendo clara la ecuación a aplicar, se procede entonces en el cálculo de la Evapotranspiración potencial.

- **Cálculo de la Evapotranspiración potencial.**

La evapotranspiración es el conjunto de dos procesos que ocurren tanto en el suelo, como en las plantas: la evaporación y la transpiración. (Martin, M., 1983).

La evaporación es el fenómeno físico que explica el paso de una sustancia (agua) de líquido a gaseoso. La transpiración es el fenómeno biológico por el que las plantas pierden agua, y la pasan hacia la atmosfera. La mayor capacidad de evapotranspiración de un determinado cultivo es cuando el terreno está en capacidad de campo. (Grassi, 1976)

La evapotranspiración es diferente de acuerdo a cada planta y va depender de la temperatura de ambiente, radiación solar, velocidad del viento, humedad relativo y grado de desarrollo de la planta (Heras, 1972). Como el cálculo de la evapotranspiración en una cuenca es bastante complicado debido a la cantidad de vegetación y el grado de desarrollo de la mismo, es necesario asumir una evapotranspiración de promedio de la cuenca, es decir una evapotranspiración potencial (ETP).

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial en el caso de estudio, se lleva a cabo la metodología desarrollada por Thornwaite (1948), el cual se basa a partir de datos de precipitación y escorrentía. El resultado es la relación empírica entre ETP y la temperatura del aire. La fórmula de Thornthwaite está dada por la *Ecuación 7*.

Ecuación 7. Cálculo de la evapotranspiración potencial.

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

Dónde:

ETP = Evapotranspiración Potencial en mm

I = Índice calórico, constante para cada región. Corresponde a la suma de los índices calóricos mensuales i.

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

Dónde:

T = Temperatura media mensual

a = (6.75*10^(-7))(I^(3))-(7.71*10^(-5))(I^(2))+(1.79*10^(-2))(I)+0.49239

Considerando que las condiciones climáticas difieren en cada época del año y con la latitud del lugar, se lleva a cabo una corrección a la ETP por medio del factor de corrección ***K*** mediante la *Ecuación 8*.

Ecuación 8. Corrección de la Evapotranspiración.

$$ETP = (ETP_{Sin\ corregir})\left(\frac{N}{12}\right)\left(\frac{d}{30}\right)$$

Dónde:

N = Número máx de horas de Sol.

d = Número de días del mes.

En el caso en cuestión se calculó la evapotranspiración de la estación Paz de Ariporo [3601501], siendo esta la única que cuenta los valores de temperatura del área de estudio. Además, se involucra en el efecto de la cantidad de horas del sol al día. Por lo tanto, se definen los valores de EVP corregida, mensual multianual y valores promedio. (*Tabla 19*)

Tabla 19. Cálculo de la Evapotranspiración corregida.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Paz de Ariporo (Temperatura)	28.11	29.01	29.32	27.72	27.13	26.52	26.26	26.75	27.17	27.46	27.63	27.77
ETP sin Corr--- Abrego Centro Admo	165.63253	188.5269	197.01875	156.45306	143.136	130.4003	125.3215	135.0615	144.0786	150.5353	154.461	157.6166
ETP con Corr--- Abrego Centro Admo	166.16163	172.2926	202.73777	158.40872	152.221	134.747	133.2759	142.4711	144.0786	153.6087	149.956	157.4415
EVP*0.45	74.772735	77.53169	91.231994	71.283926	68.4996	60.63614	59.97417	64.112	64.83537	69.12393	67.4803	70.84866

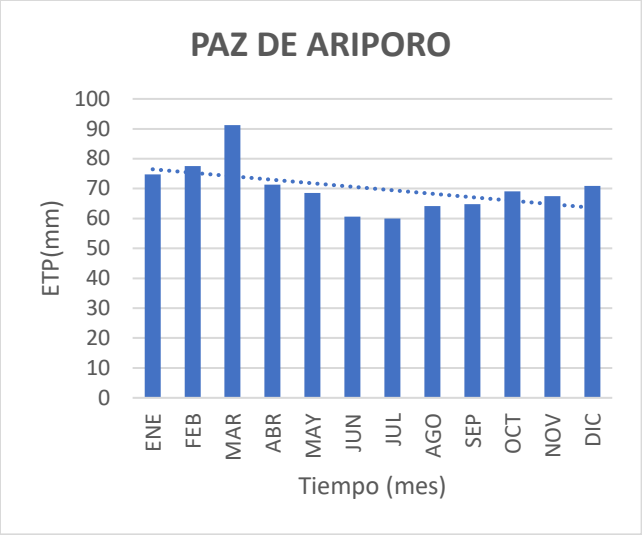
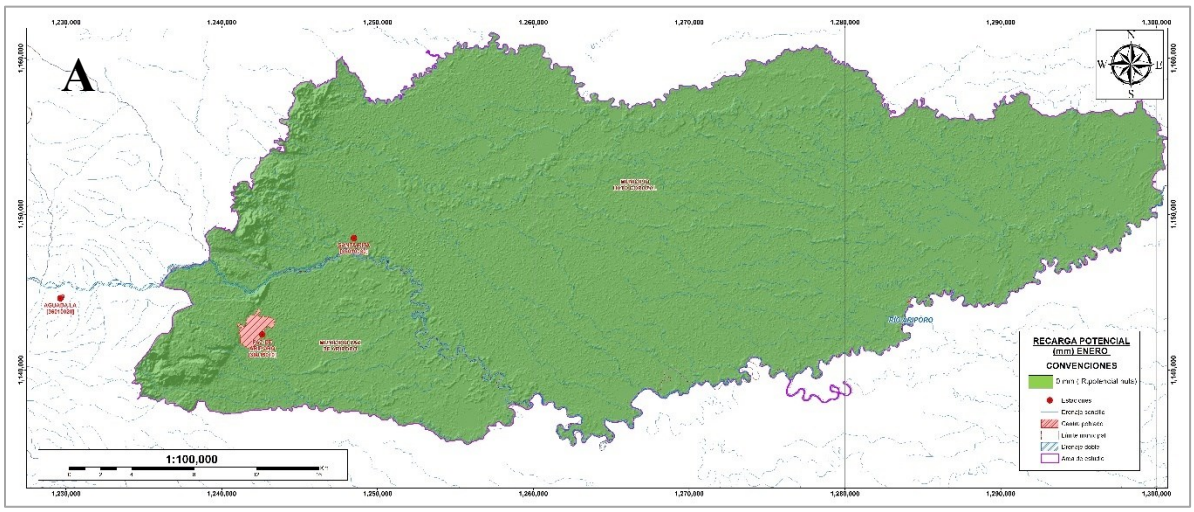
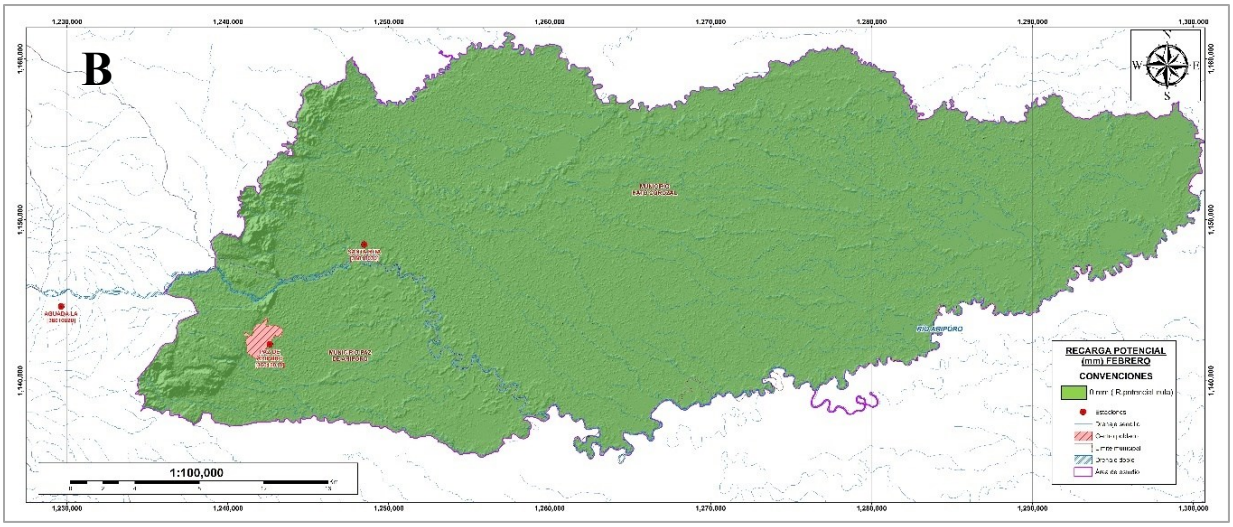
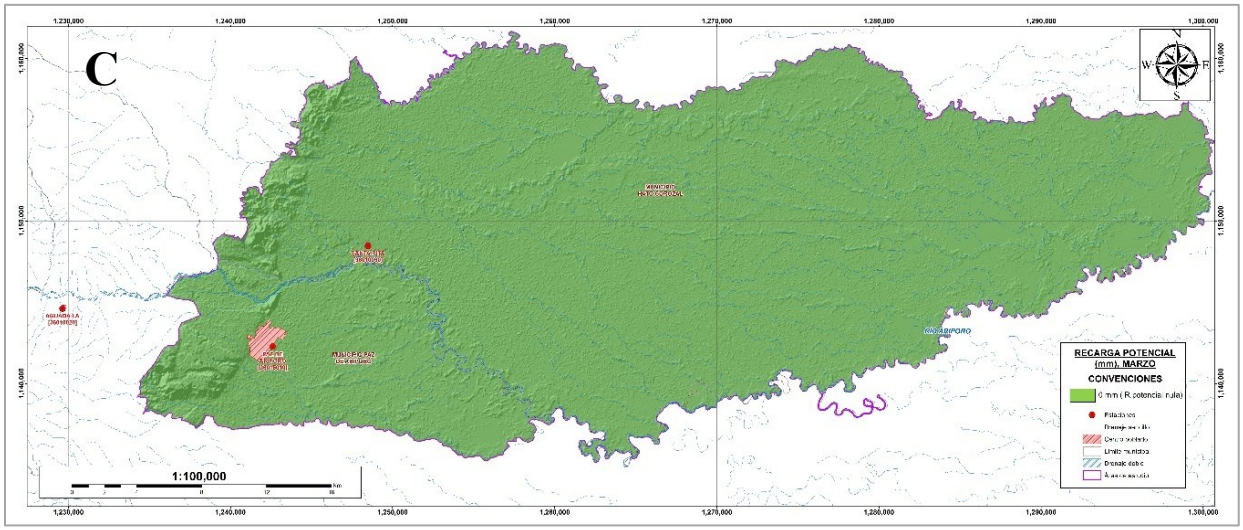


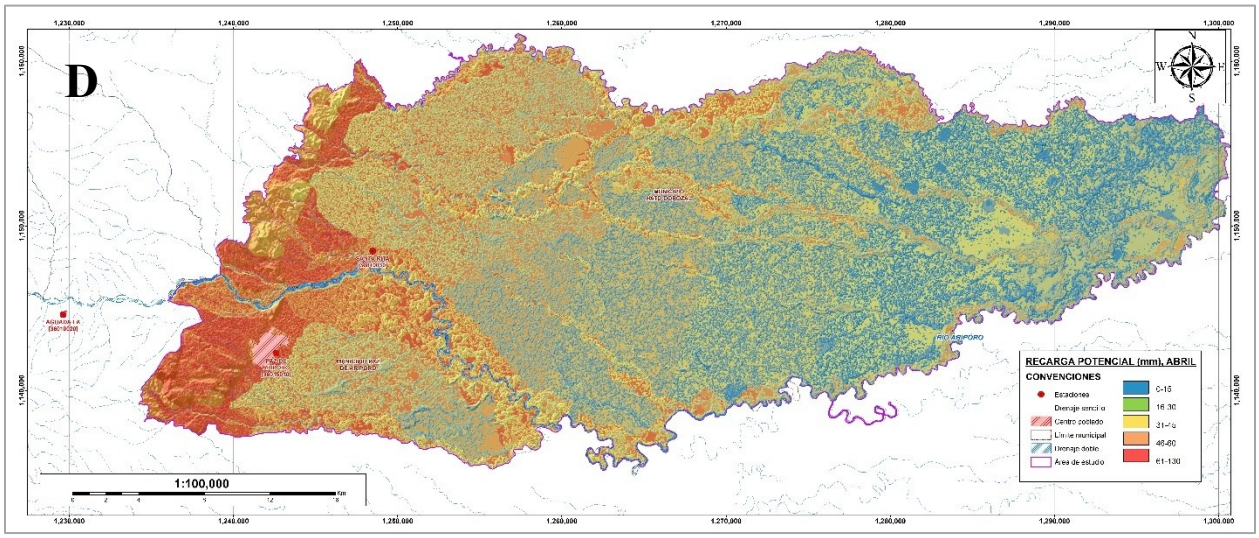
Figura 66. Distribución temporal de los valores medios mensuales multianuales de la ETP corregida.

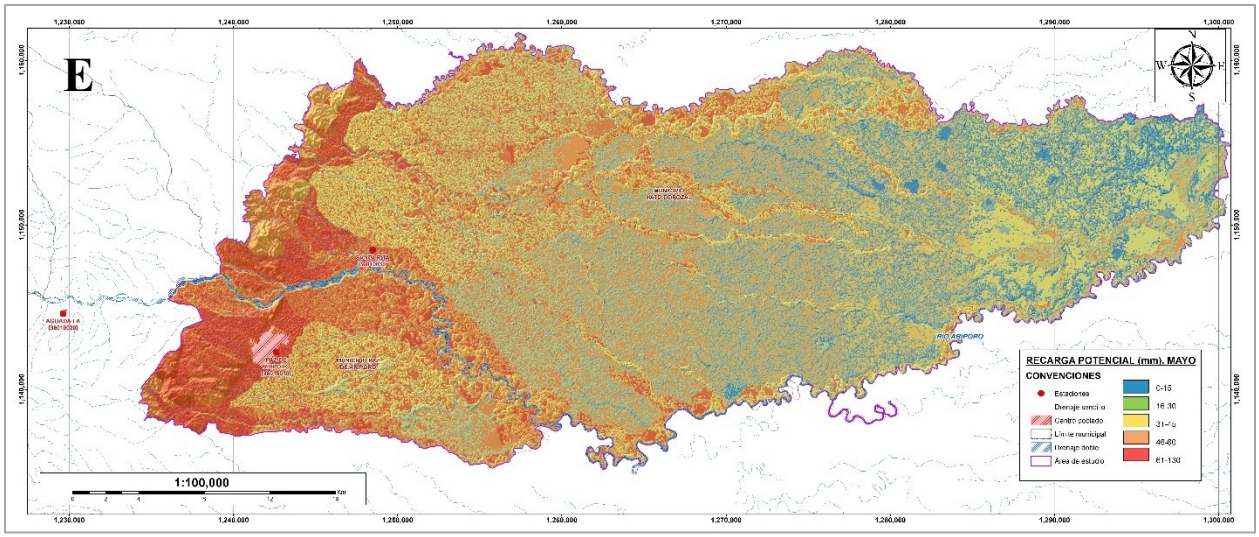
En la *Figura 67* se observan los mapas de la recarga potencial multianual:

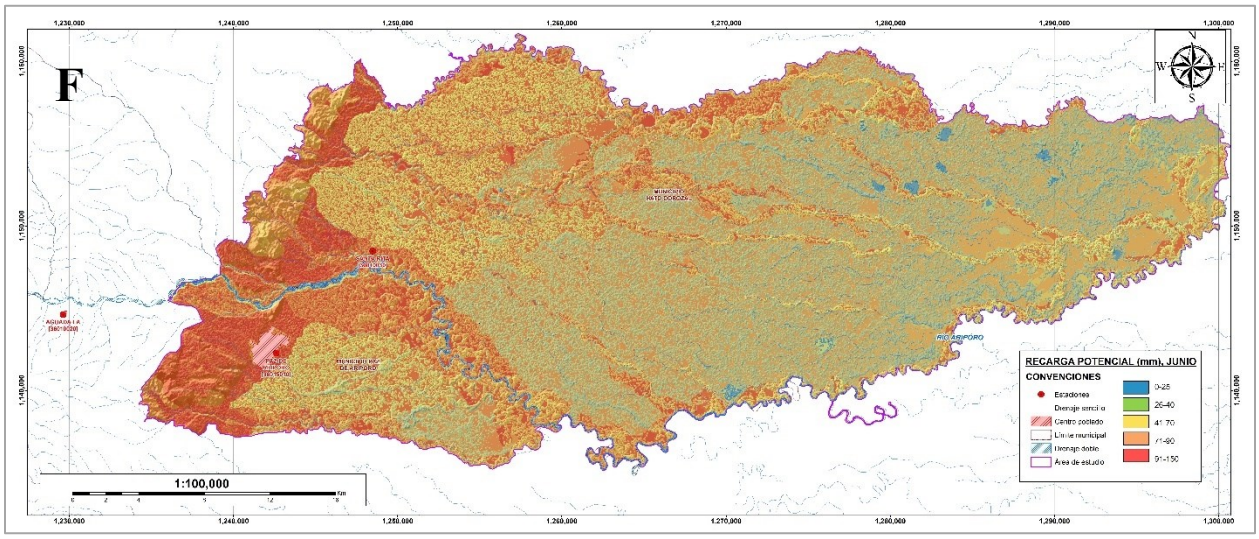


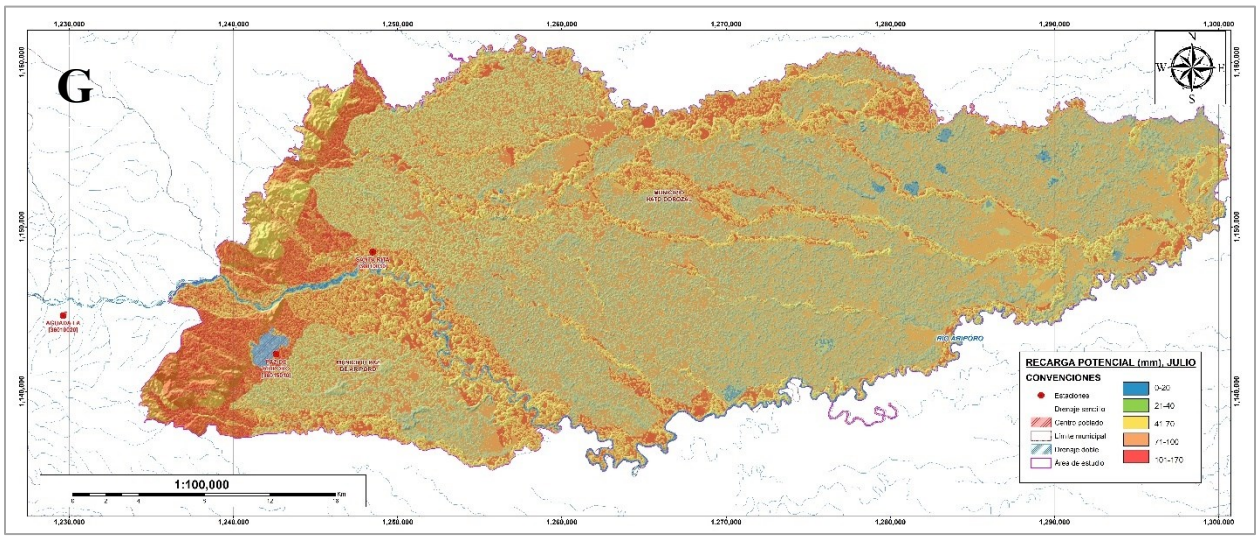

B
1:100,000
RECARGA POTENCIAL (mm) FEBRERO
CONVENCIONES

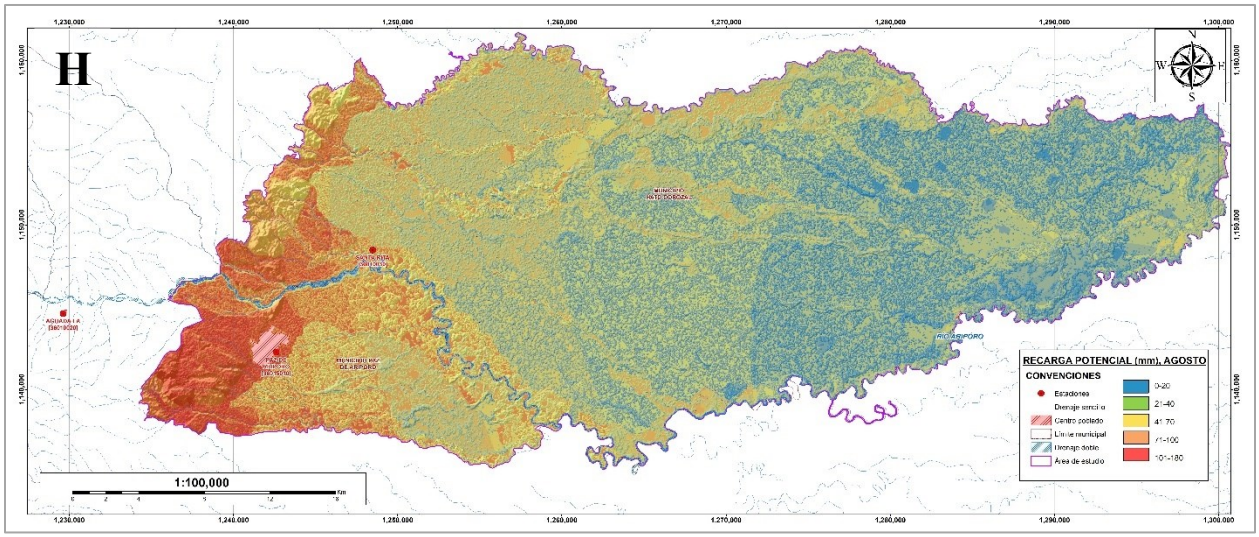

C
1:100,000
RECARGA POTENCIAL (mm), MARZO
CONVENCIONES

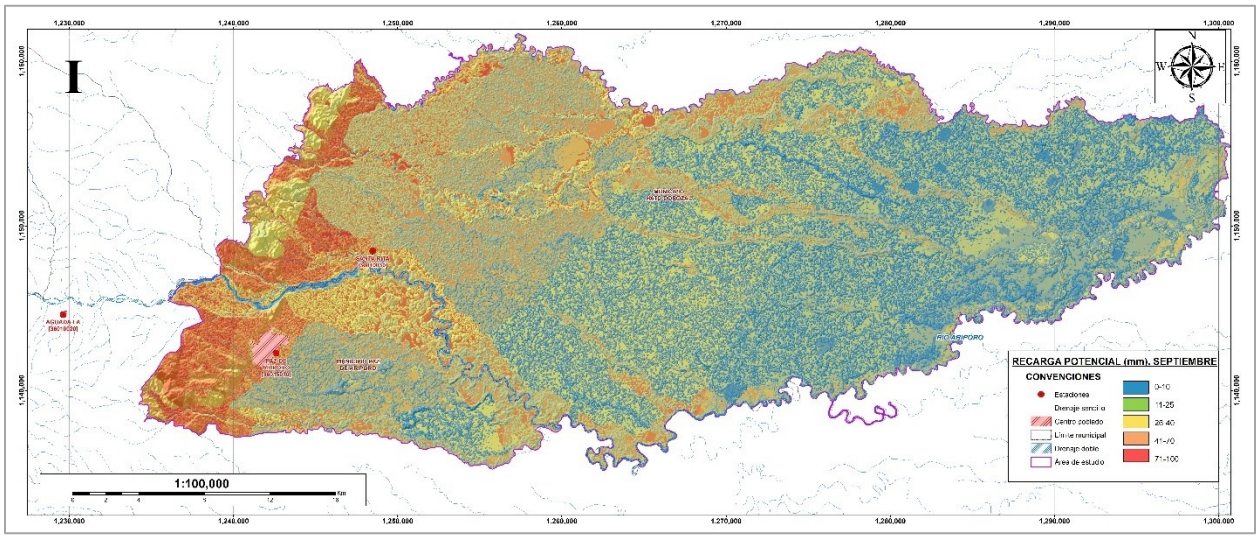

D
1:100,000
RECARGA POTENCIAL (mm), ABRIL
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
0-15
16-30
31-45
46-60
61-130

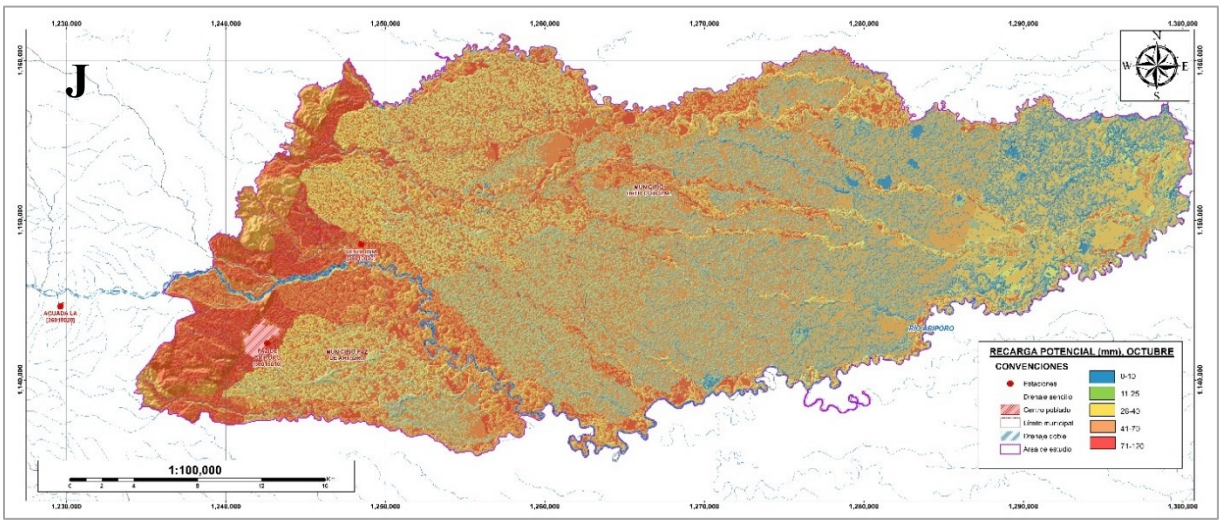

E
RECARGA POTENCIAL (mm), MAYO
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
0-15
16-30
31-45
46-60
61-130
1:100,000


F
RECARGA POTENCIAL (mm), JUNIO
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
0-25
26-40
41-70
71-90
91-150
1:100,000


G
RECARGA POTENCIAL (mm), JULIO
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
0-20
21-40
41-70
71-100
101-170
1:100,000


H
RECARGA POTENCIAL (mm), AGOSTO
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
0-20
21-40
41-70
71-100
101-180
1:100,000


I
RECARGA POTENCIAL (mm), SEPTIEMBRE
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
0-10
11-25
26-40
41-70
71-100
1:100,000


J
RECARGA POTENCIAL (mm), OCTUBRE
CONVENCIONES
Estaciones
Drenaje sencillo
Centro poblado
Límite municipal
Drenaje doble
Área de estudio
0-10
11-25
26-40
41-70
71-100
1:100,000

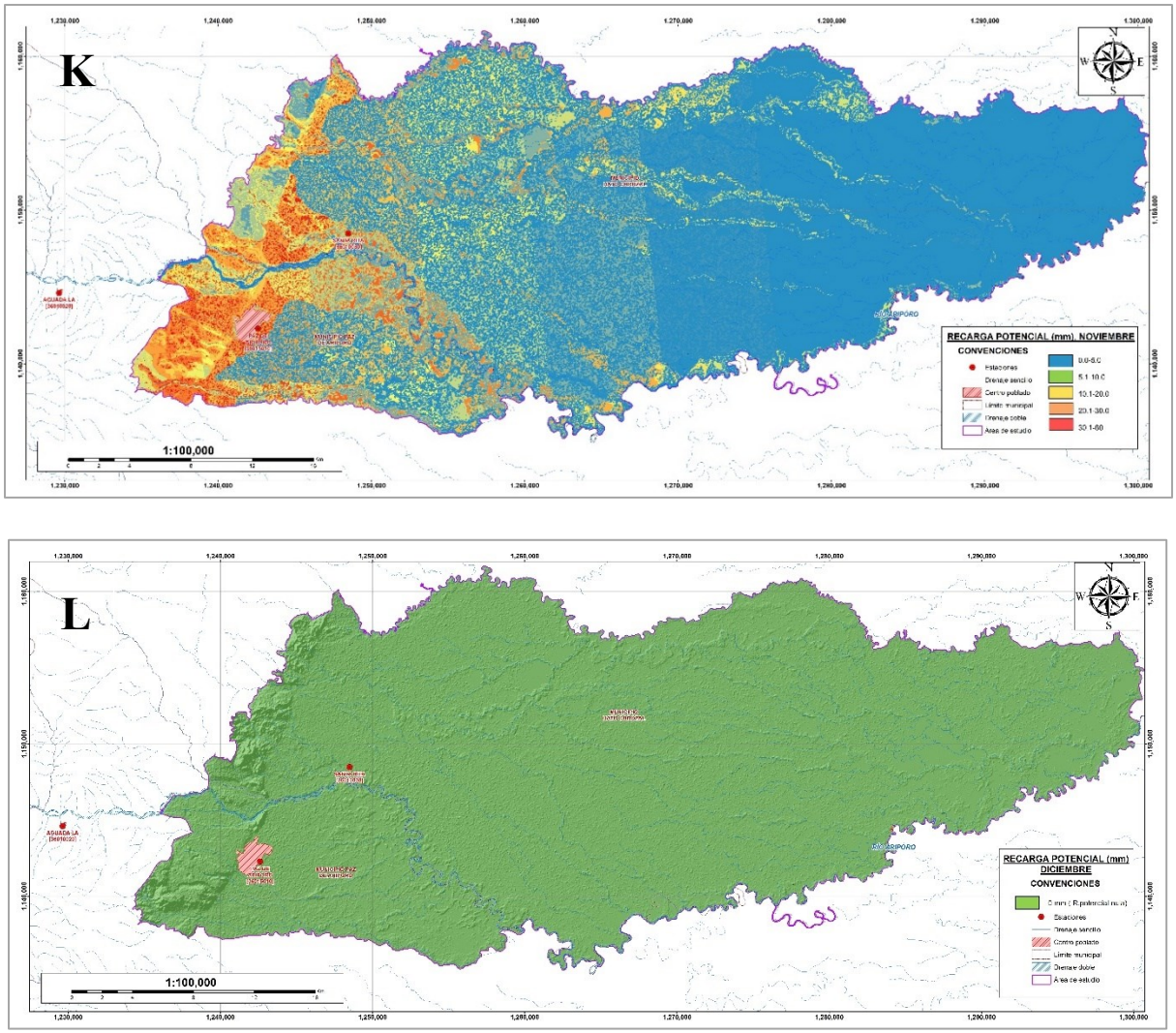


Figura 67. Recarga potencial mensual multianual. **A.** Enero, **B.** Febrero, **C.** Marzo, **D.** Abril, **E.** Mayo, **F.** Junio, **G.** Julio, **H.** Agosto, **I.** Septiembre, **J.** Octubre, **K.** Noviembre**, L.** Diciembre.

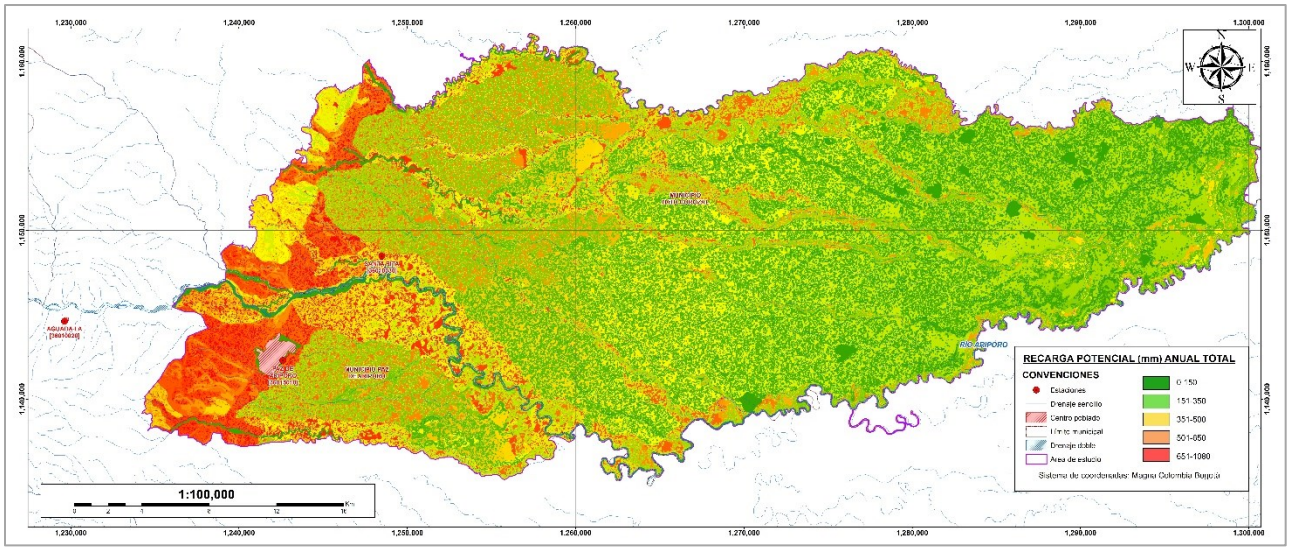


Figura 68. Mapa de recarga potencial anual total.

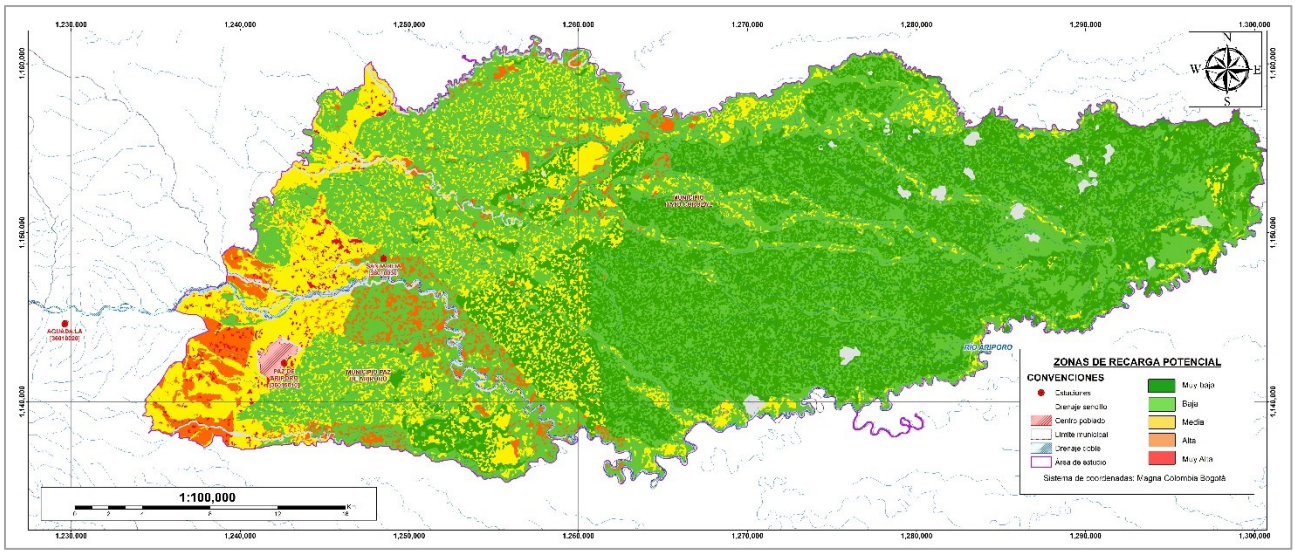


Figura 69. Zonas de recarga potencial.

.

Como se observa en la *Figura 67* en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre, la recarga potencial es nula, ya que tiene valores por debajo del cero, mientras que en los meses de junio y julio presentan una recarga en la totalidad del mes. Los meses restantes de abril, mayo,

agosto septiembre, octubre y noviembre se efectúa una recarga parcial en su distribución mensual. Estas condiciones coinciden con la variación de la precipitación a lo largo del año.

De igual manera en la *Figura 68*, se muestran resultado de la recarga potencial, con un valor máximo de 1.085,36 mm y un valor promedio de 436,405mm, siendo este un 22,82% de la precipitación media multianual acumulada registrada. Así mismo, se observa en la *Figura 69* una zonificación de la recarga potencial en muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, donde se divide el valor de la recarga calculado (1.085,36mm) en cinco grados, determinando como valor de intervalo 217,1 mm.

En la *Tabla 20* se observa los grados de la zonificación, el área acumulada y el porcentaje representativo.

Tabla 20. Zonificación según el grado de recarga potencial.

Grado de recarga potencial	**Simbolo**	**Valor de recarga potencial (mm/año)**	**Àrea**	
			Ha	**%**
Zona de recarga muy baja	ZRMB	0-217	32431.3	29.4
Zona de recarga baja	ZRB	217-434	50818.6	46.1
Zona de recarga media	ZRMB	434-651	18525.7	16.8
Zona de recarga alta	ZRA	651-868	4258.5	3.9
Zona de recarga muy alta	ZRMA	868-1085	493.7	0.4
Cuerpos de agua	CA	N/A	3633.3	3.3
Total			**110161.2**	**100.0**

Se determina que el área de estudio presenta una recarga muy baja – baja, de alrededor de 75.5%, correlacionada a las unidades de Depósitos cuaternarios recientes. Así mismo, las zonas que presentan de alta a muy alta recarga, presentan aproximadamente 4.3%, relacionadas a las unidades geológicas cercanas al piedemonte llanero, es decir la Formaciones Caja y los Depósitos

de Abanicos Aluviales Reciente y Antiguos, las cuales están caracterizadas por tener la gran mayoría de manantiales que se encuentran en el área de estudio.

10.8 Hidrogeoquímica

La composición química del agua subterránea se ve afectada por procesos geológicos, hidrogeológicos y fisicoquímicos mediante la interacción agua-roca. Esta interacción se da de acuerdo a la mineralogía y el grado de solubilidad de los sedimentos o rocas que constituyen el acuífero, el tiempo de interacción con la roca, el área de contacto, la mezcla de agua de diferentes acuíferos y la procedencia de posibles cargas de contaminantes que pueden afectar la calidad natural del agua. (Custodio y Llamas., 2001).

Una vez que el agua entra en contacto con la roca, esta va adquiriendo iones que pueden alterar su composición, por lo tanto, se tienen en cuenta características fisicoquímicas que permiten determinar la calidad del agua y la dinámica de la misma, haciendo uso de la temperatura, pH, conductividad eléctrica, estudio de los principales cationes y aniones e hidrocarburos totales, entre otros.

10.8.1 Caracterización hidrogeoquímica

En cuanto a la caracterización hidrogeoquímica para el modelo hidrogeológico conceptual, se tomó información de 17 puntos de agua subterránea reportados en el EIA de Llanos14, en los meses de noviembre y diciembre de 2012; constituidos por 1 aljibes, 2 manantiales y 14 pozos de agua.

Estos pozos se encuentran en las veredas Rincón Hondo y Gaviotas, del municipio de Paz de Ariporo y en general tienen profundidades hasta los 96 metros. Los pozos captan los Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al), de Depósitos de Llanura de inundación (Q2-al) y el Acuífero Terciario de la Formación Guayabo (Nsc).

El aljibe está localizado en las veredas Santa Teresa de Hato Corozal y su profundidad se encuentra entre los 4 metros aproximadamente. La captación llega a los Depósitos de Llanura Aluvial. Así mismo, los dos manantiales muestreados drenan los acuíferos de los Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al) y de Depósitos de Abanicos Aluviales Recientes. (*Tabla 21*).

Tabla 21. Puntos de muestro.

ID	TIPO DE PUNTO	PROFUNDIDAD (m)	UNIDAD ACUIFERA CAPTADA
A-391	Aljibe	4.21	Depósitos de Llanura Aluvial
M-139	Manantial	0	Depósitos de Llanura Aluvial
M-201	Manantial	0	Depósitos de Abanicos Aluviales Recientes
P-004	Pozo	18	Depósitos de Llanura Aluvial
P-015	Pozo	+80 m	Depósitos de Llanura Aluvial
P-018	Pozo	90	Formación Guayabo
P-065	Pozo	96	Formación Guayabo
P-080	Pozo	9.1	Depósitos de Llanura Aluvial
P-108	Pozo	18	Depósitos de Llanura Aluvial
P-151	Pozo	40	Formación Guayabo
P-155	Pozo	36	Formación Guayabo
P-248	Pozo	No se pudo medir	Depósitos de Llanura Aluvial
P-342	Pozo	11	Depósitos de Llanura de Inundación
P-382	Pozo	32	Formación Guayabo
P-434	Pozo	14	Depósitos de Llanura de Inundación
P-445	Pozo	62	Formación Guayabo
P-452	Pozo	50	Formación Guayabo

Para cada muestra se analizaron parámetros fisicoquímicos tales como pH, temperatura, Conductividad eléctrica, aniones y cationes.

10.8.1.1 Análisis de los Aniones y Cationes

Los cationes determinados en el estudio son Sodio (Na^{+}), Calcio (Ca^{2+}), Potasio (K^{+}), Magnesio (Mg^{2+}), y Hierro (Fe). Los aniones determinados son nitratos (NO_3^{-}), sulfatos (SO_4^{2-}), fosfatos (PO_4^{3-}) y cloruros (Cl^{-}).

En primera instancia se realizó el balance iónico para poder establecer con claridad el total iones determinaros en (meq/L), mediante la *Ecuación 9*.

Ecuación 9. Cálculo del Error.

$$Error\ (\%) = \frac{(\sum cationes - \sum aniones)}{(\sum cationes + \sum aniones)} x\ 100\%$$

Los rangos del error analítico para la aceptación de la muestra, dependen del valor de la conductividad eléctrica, de acuerdo con Custodio y llamas (2001) y se observan en la *Tabla 22*.

Tabla 22. Error aceptable del balance iónico.

Conductividad eléctrica (µS/cm)	50	100	200	500
Error aceptable (%)	±30	±20	±10	±8

Resultados del balance iónico para las 17 muestras, se observan en la *Tabla 23*.

Tabla 23. Balance Iónico.

Muestra	**% Error aceptable ±30**	
	Conductividad eléctrica (µS/cm)	**%Error**
P-018	27.1	-8
P-065	38.1	-10
P-080	29.9	-18
M-201	23.9	+13
P-248	34.9	+29
A-391	47.3	+11
P-434	48.6	+1
P-445	22.5	-6
P-452	38.1	-10
Muestra	**% Error aceptable ±20**	
	Conductividad eléctrica (µS/cm)	**%Error**
P-004	57.7	-9
P-015	96.4	-8
P-108	59.1	+1
M-139	83.9	+34
P-151	69.4	-9
P-155	54.7	+7
P-342	56.9	+29
P-382	56.8	-8

En la *Tabla 24* se identificaron dos muestras que no cumplen con el criterio del balance iónico, por lo tanto, se dispone a utilizar la relación de solidos disueltos totales en mg/L y la conductividad eléctrica (µS/cm) como lo sugiere (Fagundo & González, 2005). *Ecuación 10*.

Ecuación 10. Relación entre los TDS y la CE.

$$0.55 < \frac{TDS_{(medido)}}{Conductividad} < 0.75$$

De acuerdo con el criterio de aceptación o rechazo, se determina en la siguiente tabla.

Tabla 24. Criterios de aceptación.

Muestra	% Error	TDS/Conductividad (0.55-0.75)
M-139	+34	0.57
P-342	+29	0.40

Finalmente se tiene la muestra P-342 que no cumple con el criterio anteriormente mencionado, de modo que se procede a eliminar el dato.

La interpretación de la hidrogeoquímica se realizó en el software Diagrammes versión 5.4 desarrollado por la Universidad de Avignon. En este se llevó a cabo las conversiones de las unidades, la clasificación de cada muestra, mediante el uso de los diagramas Piper, Stiff y Wilcox/ Riverside.

10.8.1.2 Diagramas Piper y Stiff.

Los diagramas Piper, son utilizados para representar tres componentes de la composición del agua subterránea. Esta representación permite caracterizar químicamente el agua, con el fin de poder inferir el posible origen de la misma, o conocer un poco más sobre la relación del material rocoso y el agua subterránea.

El diagrama Piper que representa las 16 muestras se observan en las *Figura 70* y *Figura 71*, donde se observan el comportamiento químico de cada muestra de acuerdo con la unidad geológica relacionada. En general, el agua que circula por los Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al) y Depósitos de Abanicos aluviales recientes (Q2-ca), demuestra una composición Bicarbonatada Cálcica-Magnésica que indicaría un flujo local de aguas dulces. El tránsito del agua

que pasa por rocas que contienen calcio y la relación de las aguas filtradas que tienen en su composición dióxido carbono, permite la adición de estos iones metálicos al medio.

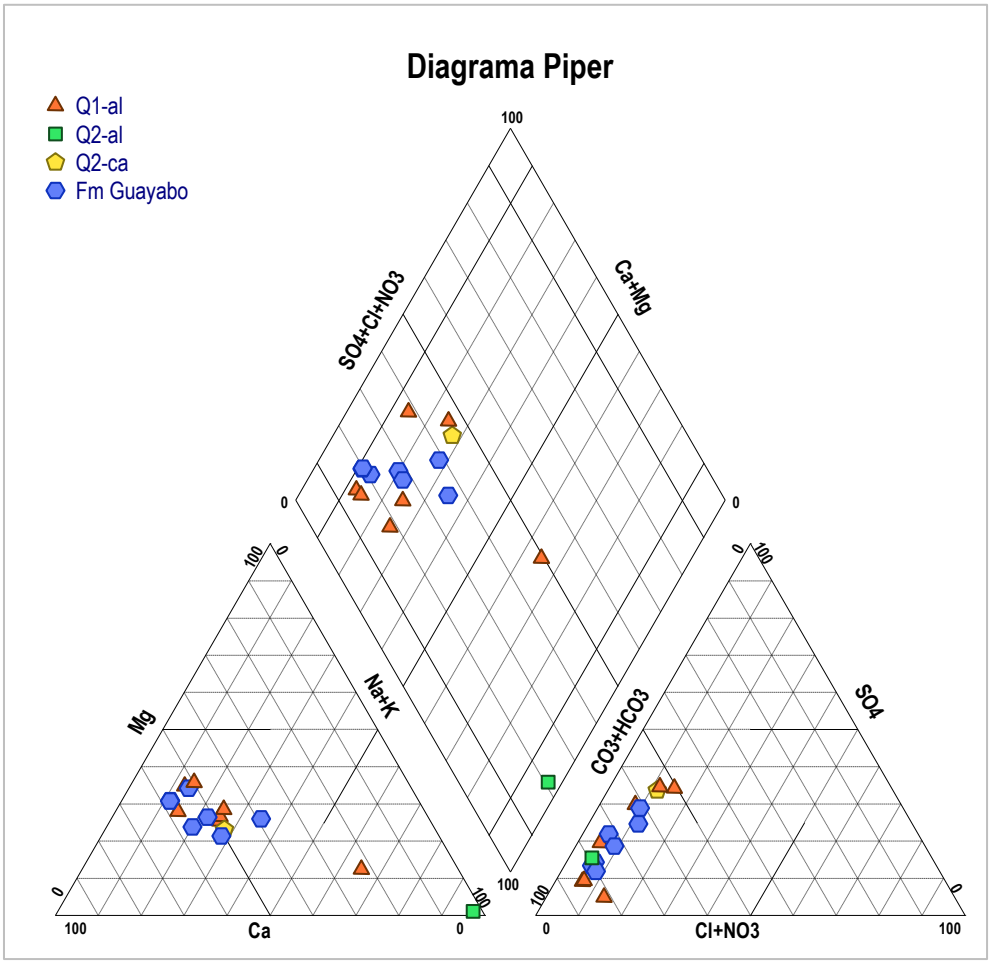


Figura 70. Diagrama Piper, de acuerdo las unidades geológicas. Fuente Autor.

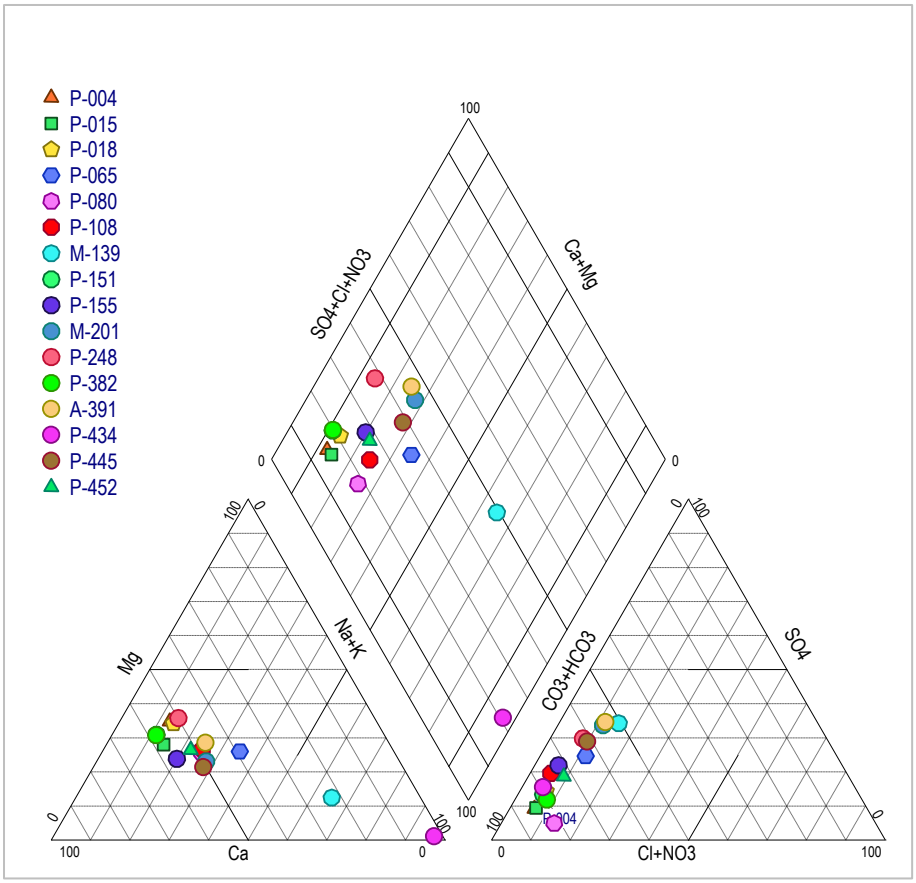


Figura 71. Diagrama Piper.

De igual manera, se observa que en las unidades de Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al) y Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-al), se localizan las muestras M-139 y P-434 respectivamente, donde se evidencia una composición Bicarbonatada Sódico-Potásica, cuya explicación es debido a procesos de intercambio iónico.

Del mismo modo en la Formación Guayabo, se determinaron muestras de composición Bicarbonatada Cálcica-Magnésica, debido a disoluciones de materiales calcáreos que se encuentran en el medio de flujos locales.

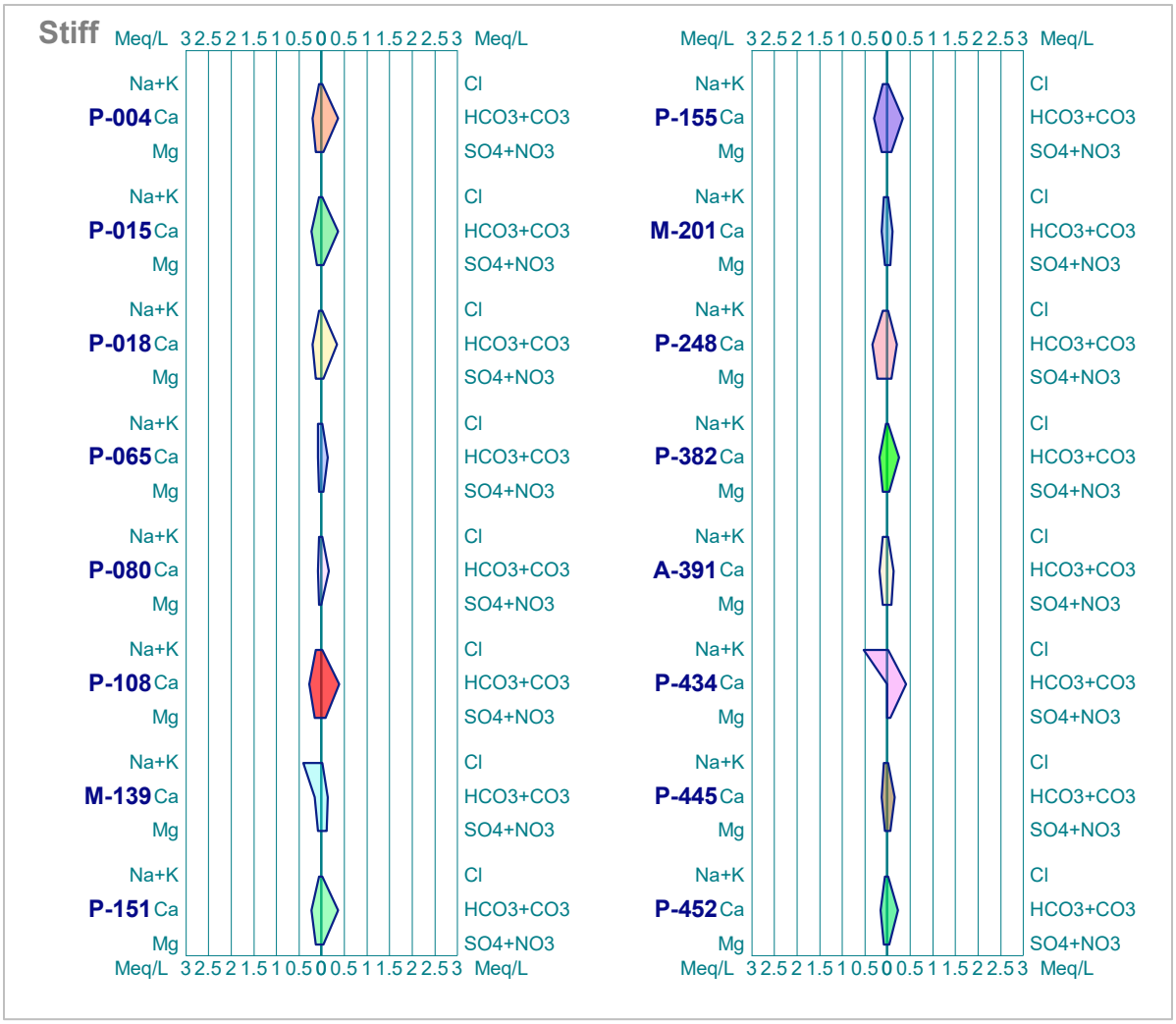


Figura 72. Diagramas Stiff.

El diagrama Stiff permite determinar cualitativamente las concentraciones más elevadas de los cationes y aniones presentes en cada muestra. En el caso en cuestión en la *Figura 72* no se observa una mineralización considerable, pero si se determina generalmente tendencias hacia los cationes de Calcio y aniones de Bicarbonatos. No obstante, en las muestras M-139 y P-434 se evidencian concentraciones de Sodio y Potasio en mediana proporción, posiblemente dado por intercambio iónico.

10.8.2 Otras consideraciones

- Los valores de pH reportados para las muestras seleccionadas se encuentran dentro del rango normal para el consumo humano, ya que se encuentran muy cercanos a 6, exceptuando la muestra P-434, cuyo valor es de 5,34 y tendría una tendencia ácida.
- La Conductividad Eléctrica para los puntos evaluados varía entre 22,9 y 97 µS/cm, de modo que evidenciaría una baja a moderada mineralización en el agua subterránea
- En forma general se presenta una concentración de CaCO3 por debajo de los 17mg/l, lo cual se clasificaría como un agua blanda de baja capacidad para consumir jabón y generar incrustaciones en las tuberías. Sin embargo, en los puntos P-108 y P-248 se observan valores >17mg/l pero inferiores a 60 mg/l, por lo que se determinaría como levemente dura.
- Se consideran aguas dulces a muy dulces, debido a los valores de cloruros presentes en las muestras analizadas, ya que se encuentra dentro del rango < 1mg/l. Dichos valores satisfacen la normatividad 2115 para el consumo humano.

10.8.3 Mapas de isoconcentraciones

Con el fin de definir la variación espacial de la información física del agua subterránea tomada en campo durante el inventario de puntos de agua subterránea como conductividad eléctrica, pH y temperatura, se realizaron mapas de isoconcentraciones, interpolándolos por medio del método de kriging/ Cokriging en el software de Arcgis.

10.8.3.1 Conductividad eléctrica

De acuerdo a un total de 623 valores registrados de conductividad eléctrica, para 225 puntos que se midieron en época lluviosa, se determinaron valores desde los 1,5 µS/cm (Aljibe A-122) hasta los 943 µS/cm (Pozo P-167), ambos ubicados sobre la unidad Q2al, muy cercano al rio Ariporo en la parte occidental del área de estudio.

Por otra parte, de los 398 puntos restantes, que se midieron en época lluviosa en transición a seca, se registraron valores desde los 9 µS/cm hasta los 970 µS/cm, estos valores fueron registrados por el manantial M-050, ubicado en la parte central de la zona de estudio y el pozo P-344 localizado en cercanías del corregimiento la Chapa.

Tabla 25. Muestras inventariadas para la Conductividad Eléctrica.

Muestra	**µS/cm INGEOMINAS 2011**	**Aljibes**	**Manantiales**	**Pozos**	**Jagüeyes**	**Total puntos**
Agua lluvia	5-30	*5*	*67*	*67*	*2*	*139*
Agua subterránea potable	30-2000	*175*	*46*	*324*	*1*	*545*

Teniendo en cuenta la *Tabla 25*, se presenta la clasificación de los tipos de agua de acuerdo a la conductividad eléctrica, según (INGEOMINAS, 2011), donde se diferencian dos tipos de agua, de acuerdo a sus valores de conductividad.

En este caso, para el trabajo se llevó a cabo el conteo de los puntos de agua, considerando aljibes, manantiales, pozos y jagueyes. De los 545 puntos de agua, 175 aljibes, 46 manantiales, 324 pozos y 1 jagüey captan agua subterránea y los 139 puntos restantes, posiblemente estarían

captando agua subterránea y agua lluvia. De manera que, se describe la zona de acuerdo a una distribución espacial de los puntos, teniendo en cuenta las relaciones con las unidades hidrogeológicas. (*Figura 73*)

Hacia el oeste en la parte del piedemonte llanero, en las unidades hidrogeológicas de Qco, Qaa, Fm Caja y Fm corneta, se tiene alrededor de un 50 % de aljibes con una conductividad entre los valores de 15-46 µS/cm. Estos registros se dan debido a lo posible mezcla de agua lluvia que cae como precipitación en el terreno, ya que esta tasa superaría la capacidad de infiltración de los suelos.

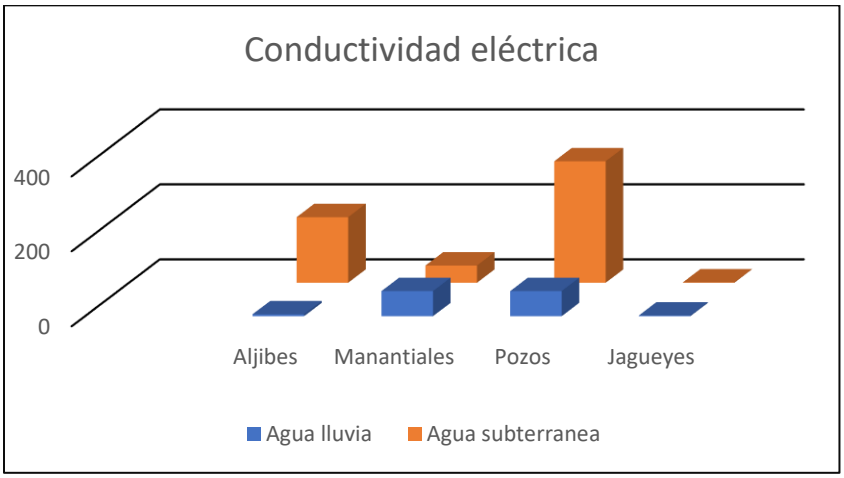


Figura 73. Distribución de las muestras.

Por otra parte, hacia el Este en los Depósitos Abanicos Aluviales Recientes y Antiguos, se tiene presencia de 54 manantiales, 7 pozos y 3 aljibes muy cercanos al Rio Aricaporo y el Rio Ariporo. De igual manera, mantienen una conductividad baja entre los valores de 10-40 µS/cm, ya que presentarían una posible contaminación de agua lluvia debido a las altas precipitaciones de lugar, que superarían la tasa de infiltración de los suelos. También, se podría explicar que los manantiales presentes estén recargando a los Ríos de la zona. Asimismo, para los pozos y aljibes,

las construcciones del revestimiento y los enrejados serían artesanales, lo cual permite de cierta manera la mezcla de agua lluvia y agua subterránea.

En la parte centro-este de la zona de estudio, donde se tiene una topografía más plana y las unidades hidrogeológicas que intervienen son los Depósitos de Cauce Actual y Depósitos Fluviales y Aluviales, se determina una zona general de medios a altos valores de conductividad (50-970 µS/cm), con una orientación preferente de W-E.

Sin embargo, cabe resaltar que la zona donde se encuentra los valores más altos de conductividad es en el corregimiento de la Chapa, puesto que los pozos allí presentes registran valores entre los 212-970 µS/cm, esto debido posiblemente a actividades antrópicas de lugar

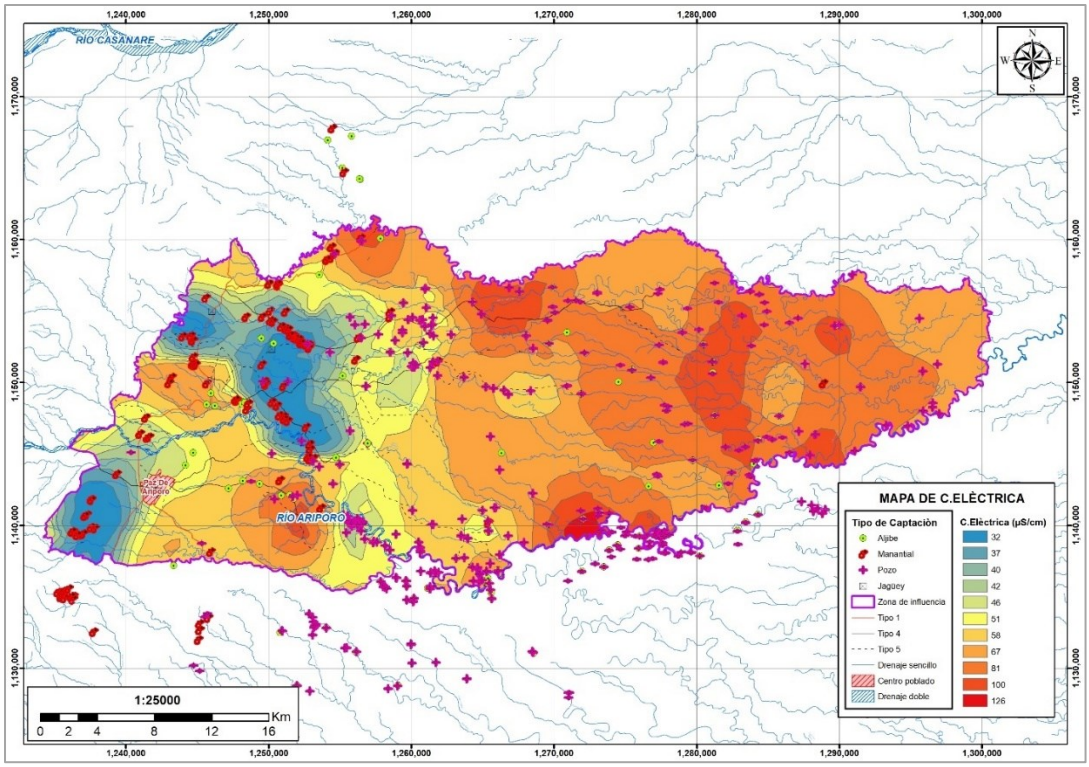


Figura 74. Mapa de Conductividad Electrica. Fuente Autor.

Considerando la *Figura 74* se pueden concluir que ningún punto registra valores máximos superiores a 1.000 µS/cm, siendo esto importante de acuerdo a la resolución 2115 del 22 de junio de 2007 que determina este valor como el máximo aceptable para el consumo humano.

10.8.3.2 pH

Para el parámetro de pH se midieron en total 650 puntos de agua, los cuales 225 puntos se registraron en época húmeda con un rango entre los (4.12-8.56) y 425 puntos en época de transición húmeda seca con un rango entre los (4.06-7.7).

De los 225 puntos se registraron 41 aljibes con valores entre los (4.9-8.24), 107 manantiales con valores de (4.12-8.16), 73 pozos con valores de (4.5-8.56) y 2 jagüeyes con registros entre (5.9-6), distribuidos por toda la parte occidental del área de estudio, donde se encuentran localizados las unidades de Abanicos Aluviales Recientes y Antiguos, Depósitos de Llanura Aluvial y Cauce Actual y formaciones Caja y Corneta. (*Figura 75*)

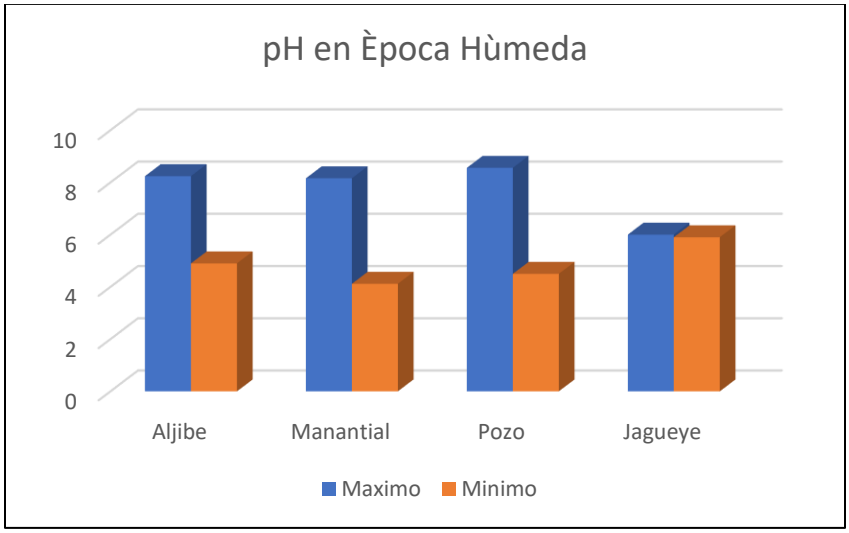


Figura 75. Valores de pH medidos en época húmeda.

En época de Transición Húmeda-Seca, se midieron 425 puntos de agua, de los cuales 76 fueron aljibes, cuyos valores oscilan entre (4.4-7.33), 8 manantiales con valores entre (4.47-6.34), 340 pozos con valores entre (4.06-7.7) y 1 jagüey con 5.75, que están distribuidos principalmente en los Depósitos de Llanura de Inundación y Llanura Aluvial hacia el Este del área de estudio. (*Figura 76*).

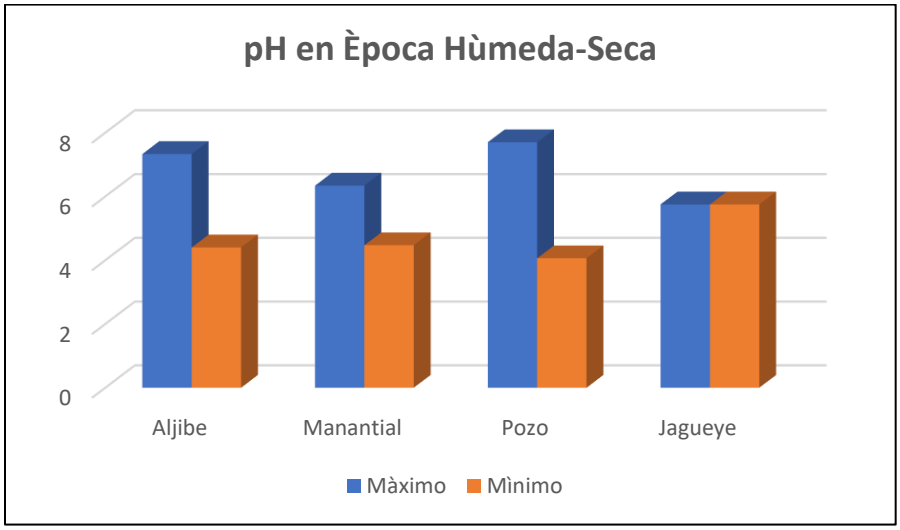


Figura 76. Valores de pH en época de transición húmeda-seca.

En la *Figura 77* se presenta la interpolación de los 650 puntos de agua a los que se les midió pH, en la cual se puede observar una tendencia de W-E.

La zona con un pH más ácido se representa de colores rojos-naranjas, con valores que oscilan entre los 4.7-6.1, registrados por 83 manantiales ubicados en el piedemonte y 8 pozos y 20 aljibes localizados al este del municipio de Paz de Ariporo; esta zona de bajos valores de pH, vendría siendo toda la parte del Piedemonte Llanero, incluyendo las unidades de Depósitos de Abanicos Aluviales, Depósitos Coluviales, Depósitos de Cauce Actual y formaciones Corneta y

Caja. La explicación de estos valores se da, debido a que los puntos tomados para la zona son manantiales, los cuales indicarían flujos locales con mezcla de agua lluvia. Esta diferenciación es clara en el momento de tener en cuenta toda la información, pues el pH del agua lluvia aportaría acidez al agua subterránea, que posteriormente se vería en la tendencia W-E. Por otra parte, es de considerar que los manantiales estarían descargando hacia el río Ariporo, ya que son flujos su superficiales que descargan el agua en el mismo sitio.

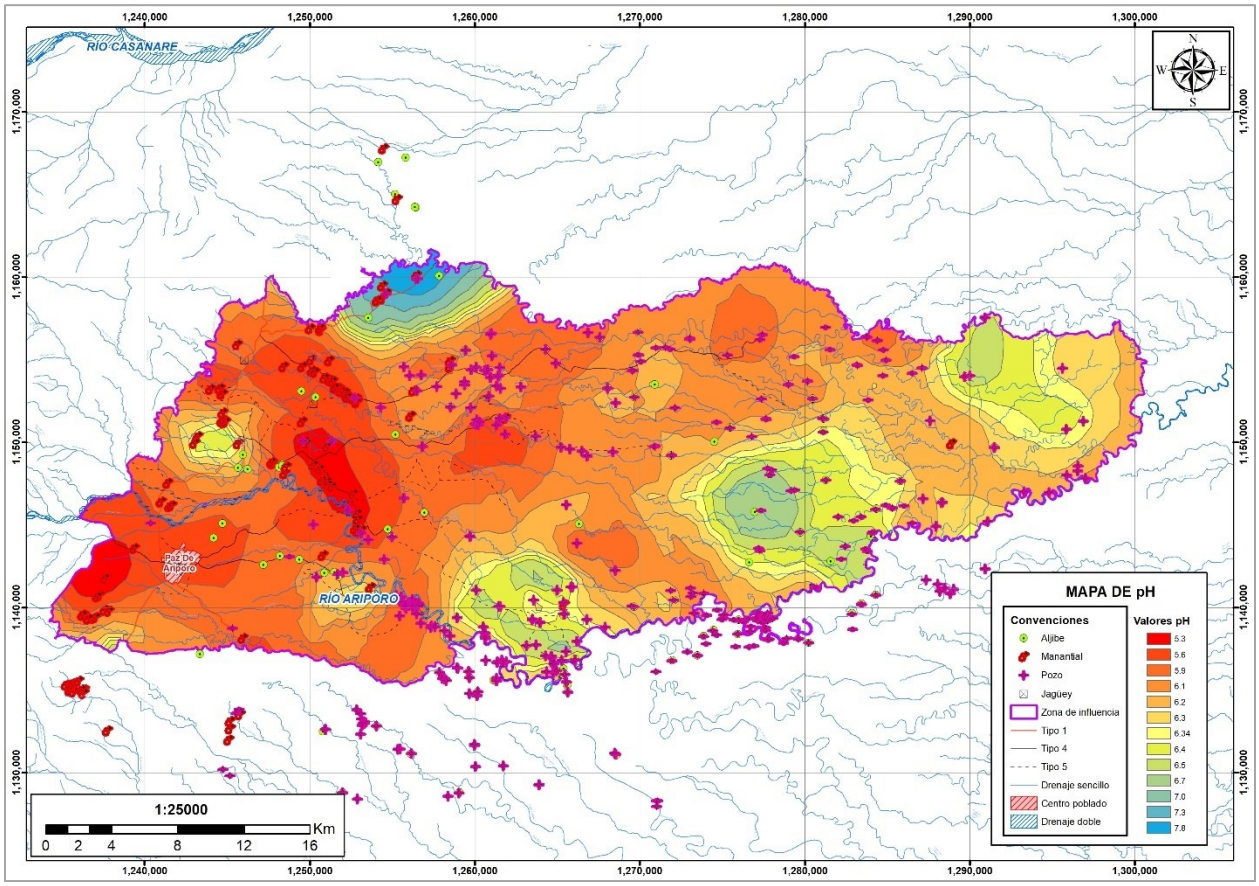


Figura 77. Mapa de pH. Fuente: Autor.

Hacia el Este, aumentan los valores de pH de acuerdo a la tendencia descrita anteriormente, teniendo claridad que en la parte norte hay una zona donde se determina un pH más neutro, estando representado por un tono azul con valores registrados entre los 6.05-7.02 de 4 manantiales, 3 pozos

y dos aljibes. Por lo tanto, esta zona sería caracterizada por tener agua dulce con influencia de una baja intervención en la mineralización, ya que la conductividad esta entre los 100 a 200 µS/cm.

Posteriormente, se observa hacia el Este tres zonas que registran valores Un poco más altos en el pH; la primera en la vereda la Gavana, cerca al Rio Ariporo, cuyos valores de pH son entre los 5.5-6.05, seguidamente en el corregimiento la Chapa con valores entre los 5.2-6.0 y por último en la parte más noreste se encuentran valores de 5.2-6.3.

En cuanto a la calidad del agua, según el documento "Las aguas subterráneas un enfoque práctico" INGEOMINAS, 2011, describe que el pH promedio del agua subterránea es de 6.75, el cual solo cumple 2.5 % de los puntos registrados. En consecuencia, en la resolución 2115 del 22 de junio de 2007 señala que el pH permitido para el consumo de agua debe estar entre los 6.5-9.0, requisito que solo cumple 65 de los 650 puntos inventariados, es decir tan solo un 10% del total de puntos.

10.8.3.3 Temperatura

La temperatura es un parámetro que no llega a ser tan relevante dentro del estudio, ya que la variación oscila alrededor de los 8-9 ºC entre la temperatura máxima y mínima, sin embargo, al homogenizar todos los valores y distribuir los puntos con los datos de Temperatura, se puede apreciar una consideración clave en el momento de interpretar en conjunto con los demás parámetros físicos.

En el área se midió la temperatura en 649 puntos inventariados, de los cuales 118 son Aljibes, 116 son Manantiales, 413 Pozos y 2 Jagüeyes tanto en época húmeda y en época húmeda-seca.

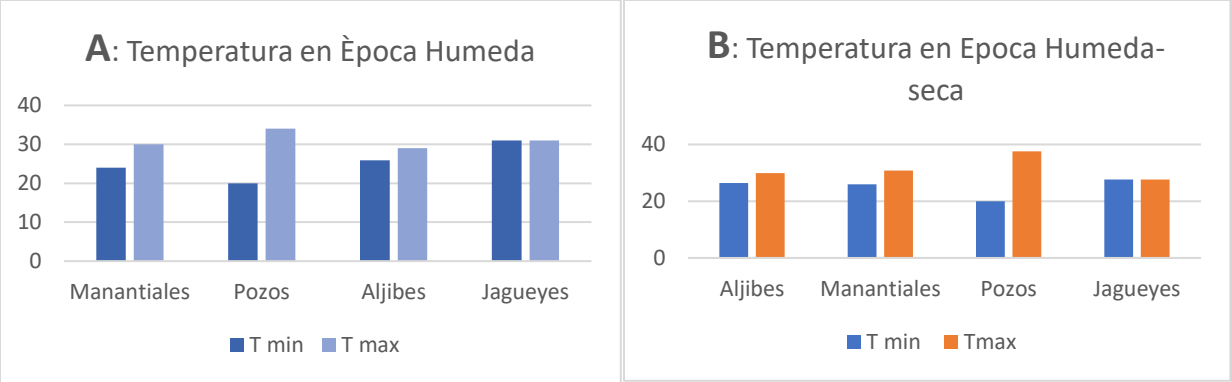


Figura 78. Muestras tomadas en diferentes épocas. **A.** Época Húmeda, **B.** Época Húmeda- Seca

Como se observa en *Figura 78*, en época húmeda se registran valores de temperatura máxima y mínima para los cuatro diferentes puntos encontrados en la zona; en aljibes se registran valores entre 25.9-29º C, en manantiales hay valores entre 24.0-30.0ºC, en pozos se encuentran valores entre 24-34ºC y en el jagüey registra 31ºC.

Así mismo, para la época Húmeda-Seca, se determinan valores que oscilan entre 26.4-29.9ºC para los aljibes, 26-30.8ºC en manantiales, 26-37.6ºC para los pozos y 27.6ºC registrado por el jagüey.

Teniendo en cuenta lo anterior, la interpolación expone una tendencia W-E en el aumento de los valores de temperatura. Esto es debido a que el clima, estaría interviniendo en las zonas del Piedemonte, ya que estaría siendo caracterizado por tener valores bajos en el momento de registrar los manantiales en su mayoría. De igual manera, a medida que se aleja hacia el este la temperatura va aumentando proporcionalmente con la conductividad. (*Figura 79*)

Por otro lado, el gradiente de temperatura no es tan relevante ya que los valores son tomados someramente y también no hay influencia cercana a cuerpos termales presentes en el área de estudio.

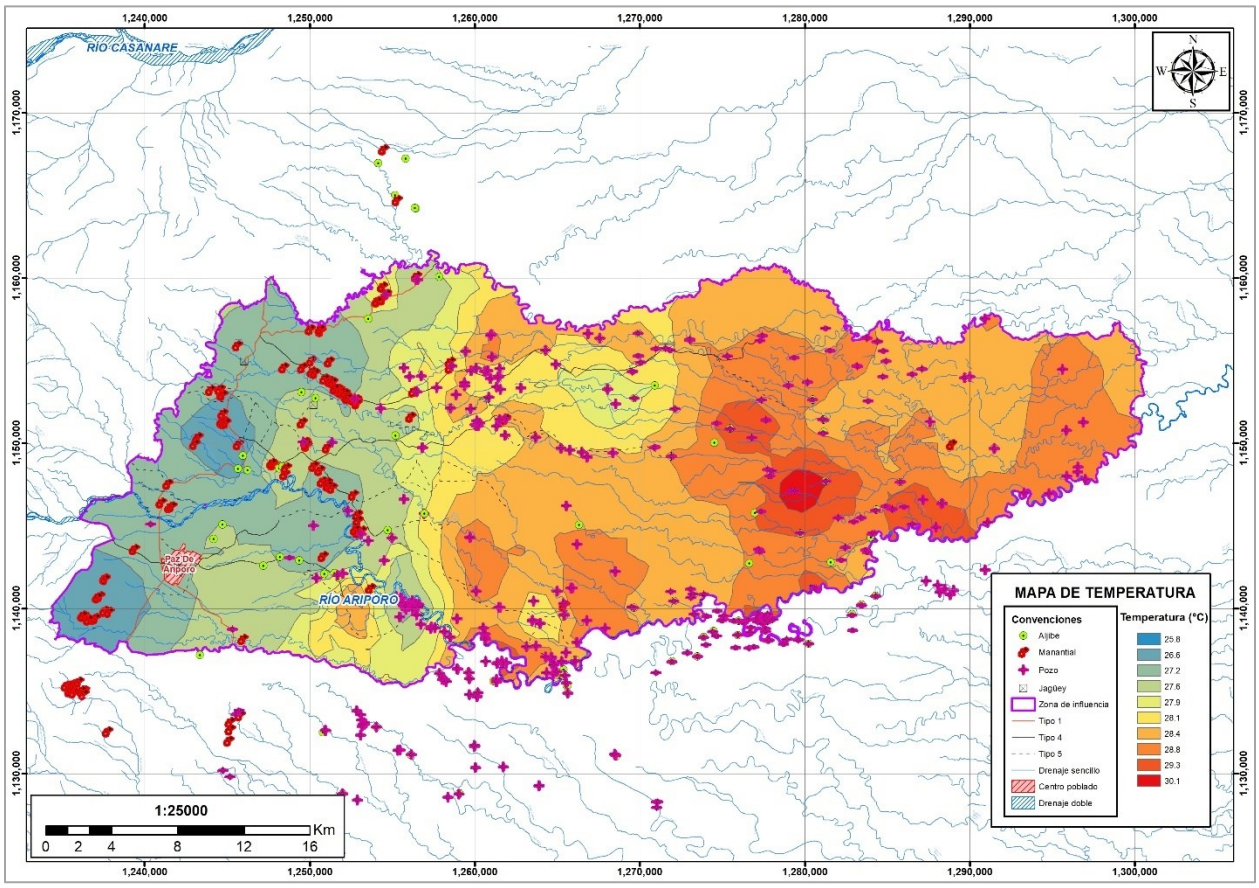


Figura 79. Mapa de Temperatura. Fuente: Autor.

10.9 Modelo hidrogeológico conceptual

El área de estudio se encuentra localizada en la cuenca sedimentaria de los Llanos Orientales, al costado este de la Cordillera Oriental de Colombia. Su origen se da como consecuencia de un contexto transpresional propio de una Orogenia Paleógena, donde ocurre el levantamiento de la Cordillera Oriental. Este levantamiento aportó material para la depositación de sedimentos continentales, caracterizados por tener considerables extensiones y gran variedad de facies.

Localmente se tienen rocas no aflorantes Neógenas de la Formación Guayabo en su miembro superior (N-sc), que infrayacen sedimentos cuaternarios de considerable extensión con dirección W-E, conformados por los Depósitos de Llanura Aluvial (Q1-al), Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-al), Depósitos de Abanicos Aluviales Recientes y Antiguos (Q1-ca; Q2-ca), Depósitos de Cauce actual (Q-al), Depósitos Aluviales Recientes (Qalr) y Depósitos de coluviones (Qco). De igual manera hacia el sector del piedemonte se localizan unidades aflorante neógenas conformadas por la Formación Caja.

El acuífero de la Formación Guayabo-miembro superior es la unidad con mayor potencial hidrogeológico, debido a su extensión y espesor. Su composición está dada por niveles que varían desde areniscas a conglomerados con intercalaciones de arcillolitas y limolitas de baja permeabilidad. De acuerdo a la geoeléctrica se estima que aproximadamente 189,5 metros, corresponden a los niveles superiores que almacenan agua dulce, no obstante, no se estima el espesor total de la unidad ya que el alcance máximo de los sondeos es de aproximadamente 250 metros. El techo del acuífero se presenta entre los 30 a 50 metros de profundidad. Las resistividades

de los niveles más saturados (Z3a, Z3b y Z4a) rondan entre 101 y 3.192 Ohm/m correspondiendo con areniscas y conglomerados con porosidad primaria. Los niveles de moderada saturación de agua (Z4b) constituyen capas de areniscas, limolitas y arcillolitas que tienen resistividades entre 15,3 y 57,3 Ohm/m. Esta variación en la respuesta de la resistividad, se da de acuerdo a la heterogeneidad de la extensión lateral del acuífero.

De los 742 puntos de agua subterránea, 108 pozos aproximadamente (>40m) aprovechan el acuífero de la Formación Guayabo con caudales de explotación no mayores a 2 l/s, sin embargo, cabe aclarar que estos pozos podrían estar aprovechando también los acuíferos de los Depósitos Cuaternarios. Por otra parte, en lo que respecta a la hidráulica se presentan transmisividades (T) entre los 26,5 y 167 m^2/d y capacidad especifica (Ce) entre 0,57 y 2,25 l/s/m, lo cual indicarían acuíferos de baja a media productividad. La conductividad hidráulica (K) oscila entre los 2,04 y 26,9 m/d, por lo que la permeabilidad se encuentra entre baja a media. Así mismo, el coeficiente de almacenamiento (S) es del orden de 9.97E-5 y 1.33E-4 por lo que entra a la categoría de acuífero semiconfinado a confinado.

De igual manera suprayaciendo la Formación Guayabo, se presentan los acuíferos de los Depósitos Cuaternarios asociados a Llanuras de Inundación, Llanura Aluviales y Abanicos Recientes y Antiguos, caracterizados por tener considerable extensión y poco espesor. Su composición está constituida por gravas con matriz arenosa y arcillosa, arenas gruesas a medias, limos y arcillas con un espesor variado entre los 30 y 50 metros. Los niveles con mayor saturación de agua (Z2a) responden a resistividades que oscilan entre 156 a 524 Ohm/m. Esta zona es muy característica porque en su mayoría se ubica hacia el Este del área de estudio. Por otro lado, se

tiene también niveles con una saturación menor (Z2b), que responden a resistividades entre 21,6 y 103 Ohm/m.

La transmisividad (T) se encuentra entre 32,2 y 36,7 m^2/d y la capacidad especifica (Ce) oscila entre 0,49 a 0,57 l/s/m, por lo tanto, se determina para este acuífero una baja productividad. La conductividad hidráulica (k) está entre 2,04 y 2,68 m/d lo que significaría muy bajas permeabilidades. El coeficiente de almacenamiento (S) es en el orden de 4.92E-5 y 9.69E-5, lo que implicaría un acuífero multicapa de tipo confinado.

El acuífero es captado por 498 puntos de agua subterránea, relacionados con 147 aljibes, 222 pozos, 116 manantiales y 3 jagüeyes. Es posible que algunos pozos estén captando en conjunto niveles superiores de la Formación Guayabo. El nivel de la tabla de agua varía entre 0 y 6 metros de profundidad. Los caudales de explotación se encuentran entre 0,016 y 1,6 l/s.

Al Occidente del área de estudio, se ubican la Formación Caja, Depósitos coluviales y parte de los Depósitos Abanicos Aluviales. Su composición está dada por Conglomerados, areniscas y arcillolitas con un espesor indefinido, ya que el máximo alcance de los sondeos es de 250 metros. No hay parámetros hidráulicos establecidos para estas unidades, debido que las pruebas de bombeo fueron realizadas en la parte oriental del área de estudio.

Para este sector se localizan dos zonas geoeléctricas; la zona ZA es conformada por niveles de areniscas moderadamente saturadas con resistividades que rondan entre 47 y 65 Ohm/m y la zona ZB, cuya composición está dada por arcillolitas y limolitas de bajo potencial hidrogeológico,

con resistividades que oscilan entre 5,84 y 11,6 Ohm/m. Estas unidades están siendo captadas por 11 manantiales, los cuales permiten una descarga inmediata en el sector.

Los niveles piezométricos más altos de hasta 422 m.s.n.m, se encuentran hacia el oeste de la zona de estudio, en inmediaciones del Piedemonte Llanero, asociados a los manantiales presentes en las unidades neógenas y cuaternarias. En ese sentido, hacia el este se continua con una tendencia general de las direcciones de flujo someras, con valores aún menores de hasta 164 m.s.n.m, estimados a partir de los pozos y aljibes que se ubican alrededor de los depósitos cuaternarios. Lo anterior, podría indicar una dirección de flujo en tendencia W-E, identificándose una zona de Recarga en el Piedemonte, en los ápices de los Abanicos Aluviales y las zonas de tránsito distribuidas a lo largo de los depósitos cuaternarios.

En cuanto a los parámetros “In situ” tomados en campo, se realizaron mapas de conductividad eléctrica, pH y Temperatura. La Conductividad eléctrica no muestra anomalías importantes ya que ningún punto está por encima de los 1000 µS/cm. En general hacia la zona del Piedemonte se observan valores entre 15 a 46 µS/cm para manantiales y aljibes localizados sobre la Formación Caja y Depósitos de Abanicos Aluviales. Estos valores indican una mezcla de agua lluvia y agua subterránea debido a que la tasa de precipitación estaría superando la capacidad de infiltración de los suelos. Los valores de pH para la zona del piedemonte oscilan entre 4,7 a 6,1, indicando un comportamiento ácido relacionado al agua lluvia, no obstante, hacia el este van aumentando la tendencia para los valores de pH, demostrando un aumento en la mineralización del agua. De igual modo se observa un comportamiento similar en la tendencia de la temperatura,

ya que en el piedemonte se determinan valores entre 25,8 y 27,0 °C, concordantes a las conductividades descritas anteriormente.

Esta información indica que la recarga se da mediante la precipitación en las unidades cercanas al Piedemonte Llanero, es decir la Formación Caja y los Depósitos los Abanicos Aluviales. El acuífero de la Formación Guayabo se recarga a partir de las Depósitos suprayacentes, por medio de niveles permeables a semipermeables que permiten la infiltración de las zonas aflorantes. Por otro lado, la descarga natural se da a través de manantiales ubicados en las unidades anteriormente mencionadas, mientras que la descarga artificial se da por la captación de la comunidad en pozos y aljibes.

De igual modo, se determina que la recarga potencial presenta un valor máximo de 1.085,36 mm de agua y un valor promedio de 436,405 mm, siendo este último un 22,82% de la precipitación media anual registrada. En los meses de enero, febrero, marzo y diciembre no se presenta recarga potencial, ya que se tiene valores por debajo de cero, no obstante, en los meses de junio y julio se observan valores de recarga en la totalidad de cada mes. Los meses de abril, mayo, agosto, septiembre, octubre y noviembre se presenta recarga parcial en su distribución mensual.

En general la composición del agua subterránea almacenada en los acuíferos es bicarbonatada cálcica-magnésica debido a que el tránsito del agua subterránea en un medio cálcico y su relación con aguas recién filtradas, permiten la adición de estos iones metálicos. Por otro lado, se tiene en dos muestras una composición bicarbonatada sódico debido un intercambio iónico

presente en el lugar. Las concentraciones de CaCO3 presentan valores por debajo de los 17 mg/l, lo que indicaría un agua blanda, sin embargo, se observan localmente valores mayores a 60 mg/l, siendo estos determinantes para una composición levemente dura.

En la *Figura 80* se presenta un esquema 3D del modelo hidrogeológico conceptual del área de estudio.

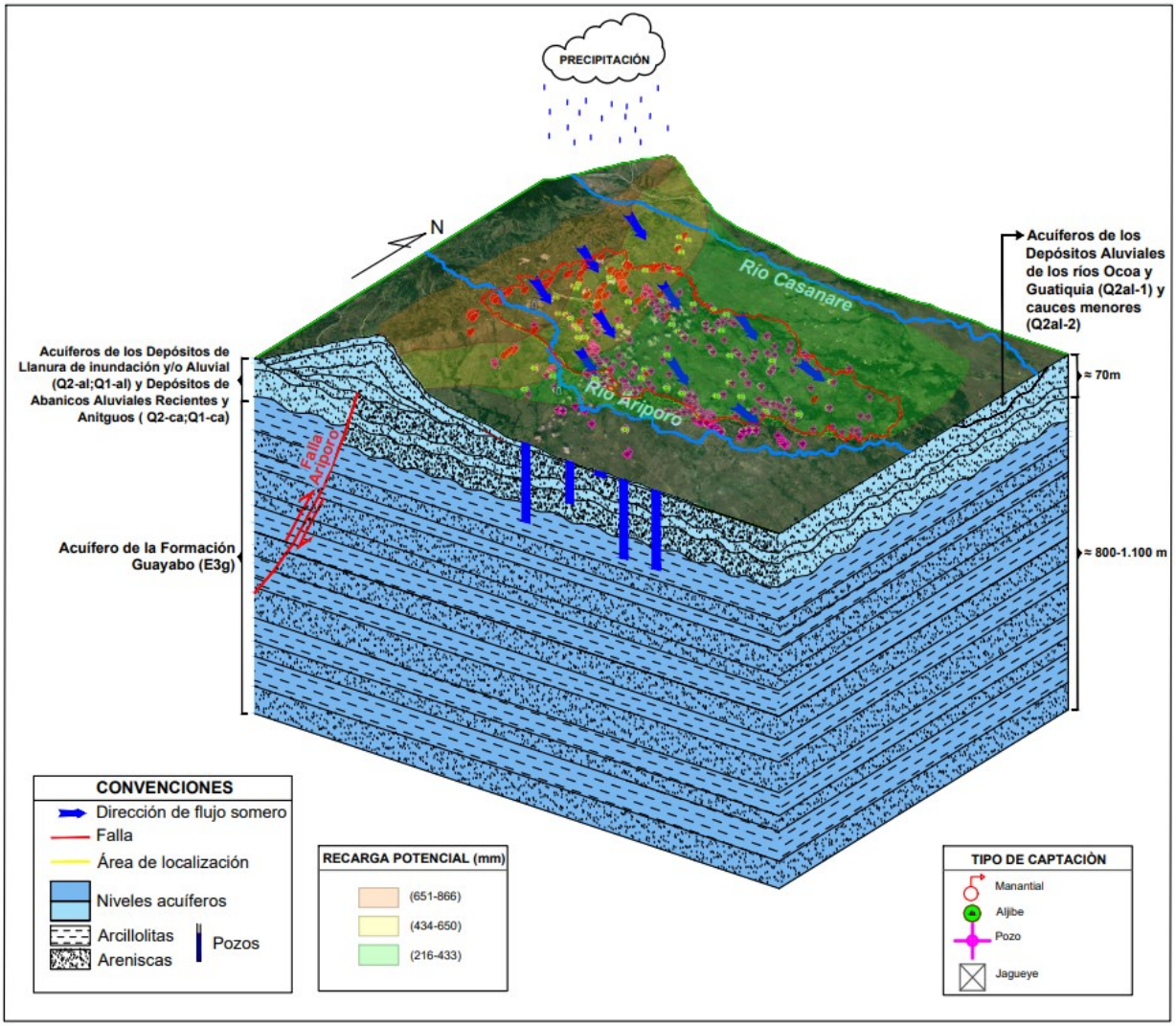


Figura 80. Modelo Hidrogeológico conceptual. Fuente: Autor.

11. CONCLUSIONES

El modelo hidrogeológico conceptual planteado para la zona este del municipio de Paz de Ariporo Casanare, es conformado a partir de una compilación de información secundaria de diferentes ámbitos del conocimiento, con el fin de generar y evaluar una correcta caracterización del medio.

La caracterización hidrogeológica está basada en una metodología que aplica, más precisamente un modelo geológico primario, la exploración geofísica y el reconocimiento hidrogeológico del área en específico. En el caso en cuestión el modelo geológico primario estaba establecido de acuerdo con la información encontrada, no obstante gracias a la reinterpretación y posterior ajuste a la geoeléctrica aplicada, se establece un modelo geológico - geofísico, con el objetivo de adecuar e integrar concretamente el análisis del inventario de puntos de agua, es allí donde determinan entonces las unidades hidrogeológicas a caracterizar, mediante la evaluación y análisis de información hidráulica, hidrológica e hidrogeoquímica.

En el área de estudio se presenta unidades neógenas y unidades cuaternarias, las cuales se ubican al costado oriental de la Cordillera Oriental de Colombia. Estas unidades están asociadas a una sedimentación continental, propia del levantamiento del Piedemonte Llanero, caracterizada por tener rocas y sedimentos de diferentes facies y grandes extensiones.

Los procesos geomorfológicos que intervienen en el modelado de las estructuras presentes son de tipo estructural, controlado por las Fallas Ariporo, procesos denudativos, mediante la

erosión y sedimentación propios del terreno, y procesos fluviales controlados por los drenajes y ríos de la subcuenca hidrográfica.

La ocurrencia de los manantiales encontrados en el Piedemonte Llanero permite inferir moderadamente el lineamiento de la Falla de Ariporo, ya que buena parte de los mismos siguen la traza de la falla. Esto es importante ya que las surgencias de agua en el terreno, permiten esclarecer las posibles fallas geológicas en un área determinada y así mismo conocer a mayor detalle, la dinámica de flujo frente a las posibles zonas estructurales.

Se determinó que las capas acuíferas de mayor potencial hidrogeológico, están relacionadas a cuatro unidades geológicas diferentes, las cuales son; niveles superiores de la Formación Guayabo, Depósitos de llanura Aluvial (Q1-al), Depósitos de llanura de inundación (Q2-al) y Depósitos de Abanicos Aluviales Reciente y Antiguos (Q1-ca; Q2-ca). Estas unidades son constituidas por acuíferos multicapa, donde se determinan acuíferos confinados y semiconfinados.

La unidad descrita como la Formación Caja constituye un acuífero de moderado a bajo potencial hidrogeológico debido a los bajos valores de resistividad correlacionadas a areniscas finas, limolitas y arcillolitas. Asimismo, se presentan capas confinantes en los niveles medios de la Formación Guayabo, asociados a limolitas y arcillolitas de bajo interés hidrogeológico.

Con base a la interpretación geofísica, se tienen cinco unidades geoeléctricas (Z2b, Z3a, Z3b, Z4a y Z4b) para la Formación Guayabo, cuatro unidades geoeléctricas (ZA, Z1, Z2a y Z2b) para los Depósitos Cuaternarios y una unidad (ZB) para la Formación Caja.

En la zona de estudio hay un amplio espectro en los valores de resistividad, los cuales permiten la diferenciación de nueve unidades geoeléctricas caracterizadas por tener correlación litológica, profundidad base y espesor determinado. Esto anterior permite conocer la geometría del sistema hidrogeológico, mediante la elaboración de mapas de isoprofundidades y espesores para tres zonas geoeléctricas acumuladas (Z1, Z2, Z3).

La zona Z1 dispone espesores o profundidades base a lo largo del área de estudio que oscilan entre los 0,4 y 23,7 metros, teniendo específicamente unos valores más predominantes hacia el sector Noroccidental relacionados a las unidades de los Depósitos Abanicos Recientes Antiguos y Recientes.

La zona Z2 se determina profundidades base y espesores con valores más significativos entre los 40 y 120 metros, asociados de igual manera a los Depósitos Cuaternarios (Q1-al; Q2-al) y a los primeros niveles de la Formación Guayabo. Por otro lado, en el sector de Piedemonte estas capas comienzan adelgazarse con valores menos pronunciados entre 1-20 metros de profundidad.

La Zona Z3 asociada propiamente a los niveles de la Formación Guayabo, se tienen valores predominantes hacia la parte centro-occidental del área de estudio, donde se llegan a encontrar

valores que oscilan entre 100 y 200 metros para profundidades base y de 90 a 125 metros de espesor.

En cuanto el contexto hidrológico, la zona de estudio se encuentra en inmediaciones de la subcuenca del río Ariporo, la cual cubre el 72,83% de la cuenca del rio Casanare. Los ríos principales presentes en la zona de influencia son el Ariporo, el Aricaporo y el Chire, los cuales tienen recarga del agua subterránea a través de conexiones hidráulicas de los flujos someros, de los acuíferos asociados a los Depósitos Cuaternarios y las Formaciones adyacentes.

En el área de estudio se presentan 742 puntos de agua subterránea, los cuales son constituidos por diferentes tipos de captaciones tales como pozos, aljibes, manantiales y jagüeyes. Esto permite inferir que la comunidad establecida hace bastante uso del recurso hídrico subterráneo, ya sea con el fin de poder abastecerse para consumo humano o pecuario, o simplemente para fines de uso doméstico, de riego o fines recreativos.

Las profundidades de los pozos de captación, en su mayoría no alcanzan a ser muy superiores (<100m). Esto se explicaría debido a que el aprovechamiento del agua subterránea estaría dándose a niveles superiores en las unidades hidrogeológicas, teniendo en cuenta, además que el nivel de la tabla del agua está entre los 0 a 6 metros.

De acuerdo a las características hidráulicas definidas en las pruebas de bombeo realizadas a profundidades mayores a 35 metros, se determinó que se presentan acuíferos confinados y semiconfinados. Esto se corrobora mediante el reconocimiento de pozos saltantes registrados en

el inventario de puntos de agua, no obstante, también se determina que hay pozos saltantes con profundidades no mayores a 10 metros, por lo tanto, se infiere también posiblemente la presencia de acuíferos libres caracterizados por tener una variación en las cabezas hidráulicas.

La recarga potencial obtenida a partir de la metodología de Shosinsky permite abarcar un mayor reconocimiento en cuanto a las características cualitativas de un balance hídrico, teniendo en cuenta variables como la precipitación mensual, tomada a partir de estaciones meteorológicas, pendientes del terreno, cobertura vegetal, uso de suelos y evapotranspiración real.

Para el área de estudio se tienen valores promedio anuales de recarga potencial de 436,405 mm, siendo este un 22,82% de la precipitación media anual acumulada, lo cual indicaría un bajo valor de recarga considerando que solamente el 4,3% del área en total presenta una recarga alta a muy alta, asociadas a las unidades geológicas cercanas al Piedemonte Llanero, es decir la Formación Caja y los Depósitos de Abanicos Aluviales.

La caracterización hidrogeoquímica definida con para 16 muestras tomadas a diferentes niveles de profundidad, indican una composición de agua bicarbonatada cálcico – magnésicas y en menor proporción bicarbonatada sódica. Esta generalidad no llega a diferir con el tiempo ya que en los niveles profundos de circulación de agua regional no se presencian variadas alteraciones en la composición, no obstante, es claro que en los niveles más someros son más susceptibles a los efectos de las actividades antrópicas como los vertimientos o derrames en superficie, que llegarían afectar la calidad del agua subterránea.

12. RECOMENDACIONES

Se recomienda al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MINANBIENTE actualizar su Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, la cual se encuentra a punto de terminar su vigencia, en los aspectos relacionados con la gestión integral del recurso hídrico subterráneo, dando pautas claras y concisas sobre como recopilar y analizar la información hidrogeológica necesaria para la compilación de estudios hidrogeológicos regionales y locales

Se recomienda al Servicio Geológico Colombiano-SGC usar la información hidrogeológica recopilada en los estudios ambientales elaborados por empresas operadoras petroleras y mineras y empresas que realizan obras de infraestructura en los diferentes sitio en donde este Servicio realice sus modelos hidrogeológicos conceptuales, ya que como se evidenció en la presente tesis, en los modelos hidrogeológicos conceptuales de Yopal y del Valle Medio del Magdalena, esta información no fue tenida en cuenta.

Se recomienda a CORPORINOQUÍA mejorar la información presentada en el capítulo de hidrogeología del POMCA del Río Ariporo, ya que no cumple con los estándares mínimos solicitados para este tipo de estudios, ni con los términos de referencia para la elaboración de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos elaborados por MINANBIENTE

13. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (2007). Cuencas Sedimentarias Colombianas.

Agencia Nacional de Licencia Ambientales (ANLA). (2012). Licencia Ambiental para la Zona de Exploración de Petróleo Llanos 9.

Agencia Nacional de Licencia Ambientales (ANLA). (2014). Licencia Ambiental para la Zona de Exploración de Petróleo Llanos 14.

Astier, J.L. (1975) Geofísica Aplicada a la Hidrogeología. Madrid España. Editorial paraninfo.

Auge, M (2008). Métodos Geoeléctricas para la prospección de Agua Subterránea.

BEICIP-FRANLAB y ECOPETROL. (1995). Cuenca de los Llanos Orientales, Estudio Geológico Regional. Vol.1. Texto, Santa Fe de Bogotá, 202p.

CARVAJAL, J.H, 2008. Primeras aproximaciones a la estandarización de la geomorfología en Colombia. Documento INGEOMINAS, Bogotá, 30p.

Cooper, M. A., Addison, F. T., Alvarez, R., Coral, M., Graham, R. H., Hayward, A. B., … Taborda, A. (1995). Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and middle Magdalena Valley, Colombia. AAPG Bulletin, 79(10)

Corporación autónoma de Orinoquia (CORPOORINOQUIA). Plan de ordenación y manejo ambiental de la cuenca hidrográfica del Rio Ariporo en el departamento del Casanare (POMCA)

Custodio, E., Llamas, M.R. (1975, 1983) Hidrología Subterránea, Barcelona: Editorial Omega, 2 vol., pp. 1-2350.

Fagundo, J.R., Gonzalez, P., Suarez-Muñoz, M., Fagundo-Sierra, J., Melian, C. y Alvarez E. (2005) HIDROGEOQUIM. Contribución a la Educación y Protección Ambiental. Núm. 6, pp. 58-67

GRASSI, C. (1976). Resumen de propiedades físicas del suelo, métodos de riego.-265 págs. CIDIAT. Mérida, Venezuela.

HERAS, R. (1972). Manual de hidrología, Hidrología agrícola.- 330 págs: Esc. Hidrología, Madrid, España.

Horton, B.K., Parra, M., Saylor, J.E., Nie, J., Mora, A., Torres, V., Stockli, D.F. & Strecker, M.R. (2010). Resolving uplift of the northern Andes using detrital zircon age signatures. GSA Today, 20(7): 4–10. **https://doi.org/10.1130/GSATG76A.1**

Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS). (1989). Mapa Hidrogeologico de Colombi, Escala 1:5.000.000.

Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS). (2004). Metodología general para la exploración y evaluación de aguas subterráneas.

Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y adecuación de Tierras (HIMAT). (1990). Técnicas estadísticas aplicadas en el manejo de datos hidrológicos y meteorológicos.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). Estudio Nacional del Agua.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). Protocolo de monitoreo del agua.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2015). Principios Básicos para le conocimiento y monitoreo de las aguas subterráneas en Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2010). Política Nacional del Recurso Hídrico.

Kluth, C. F., Ladd, R., De-Aras, M., Gomez, L., & Tilander, N. (1997). Different structural styles and histories of the Colombian foreland: Castilla and Chichimene oil fields areas, east-central Colombia. VI Simpolsio Bolivariano Exploracion En Las Cuencas Subandinas: Cartagena de Indias. Mem., II, 185–197.

Linsley, R., Kohler, M. & Paulus, L. (1958). Hydrology for engineers.- 340 págs. McGraw Hill, NuevaYork.

Martin, D.L. y J.R. Gilley (1993). Irrigation Water Requirements. Capítulo 2 del SCS National Engineering Handbook, Servicio de Conservación de Suelos, Washington D.C., 284 pp.

NOTESTEIN, F. B.; HUBMAN, C.W.; BOWLER, J. W., 1944. Geology of the Barco Concession Colombia. Geol. Soc. Am. Bull., 55:1165-1216. New York.

ONU. (1972). Manual de instrucciones, estudios hidrológicos. - 540 págs. ONU Publ. Nº 70, San José, Costa Rica.

Perdomo, M.V., Rojas, C.A. (2017). Modelo Hidrogeológico Conceptual, a partir de información secundaria en los alrededores del centro urbano del municipio de Chiquinquirá. Universidad Católica de Colombia.

Piper, A. M. A. (1944). Graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Trans AM Geophysics Union 255, pp. 914-923.

Sarmiento, L. F. (2011). Llanos Basins Vol. 9 (p. 184). Medellín, Colombia: ANH-University EAFIT. Department of Geology.

Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. Revista Geológica de América Central, 34-35, 13-30.

Schosinsky, G. y Losilla, M. (2000). Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. Revista Geológica de América Central 23, 43-55.

Servicio de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2013). Caracterización Hidroclimatica, Cuenca Rio Chicama.

Servicio Geológico colombiano (2011). Las Aguas Subterráneas un Enfoque Practico.

Servicio Geológico Colombiano (2015). Modelo Hidrogeológico Conceptual del municipio de Yopal Departamento del Casanare.

Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2012. Documento metodológico para la elaboración del mapa geomorfológico, para la generación el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000., Bogotá, 86p.

Sistema de Información para la gestión de datos Hidrológicos y Meteorológicos (DHIME), IDEAM. Datos Abiertos

Thornthwaite, C.W y Mather, J.R. (1957). Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the wáter balance. Plub. Climatol.,10(3): 185-311.

ULLOA, C., & RODRÍGUEZ, E. (1976). Geología de la Plancha 171 - Duitama, 191 - Tunja, 211 - Tauramena y 230 - Monterrey. Cuadrángulos J-12 y K-13. Escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

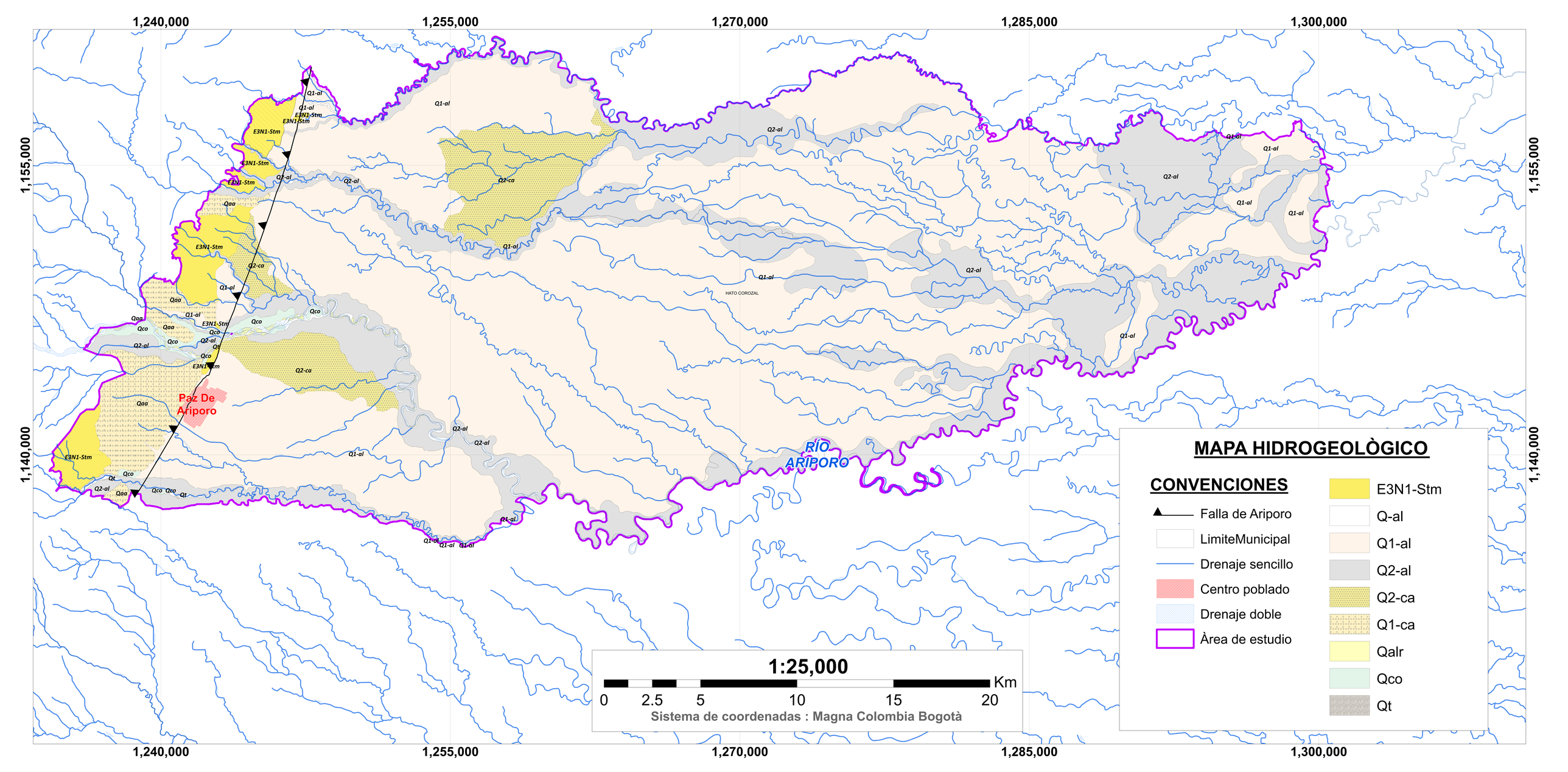
UNESCO (1998). Water: a looming crisis? Resumen y Recomendaciones de la Conferencia Internacional sobre Recursos Mundiales de Agua a Comienzos del Siglo XXI, IHP Non Serial Publications in Hydrology, París, Francia.

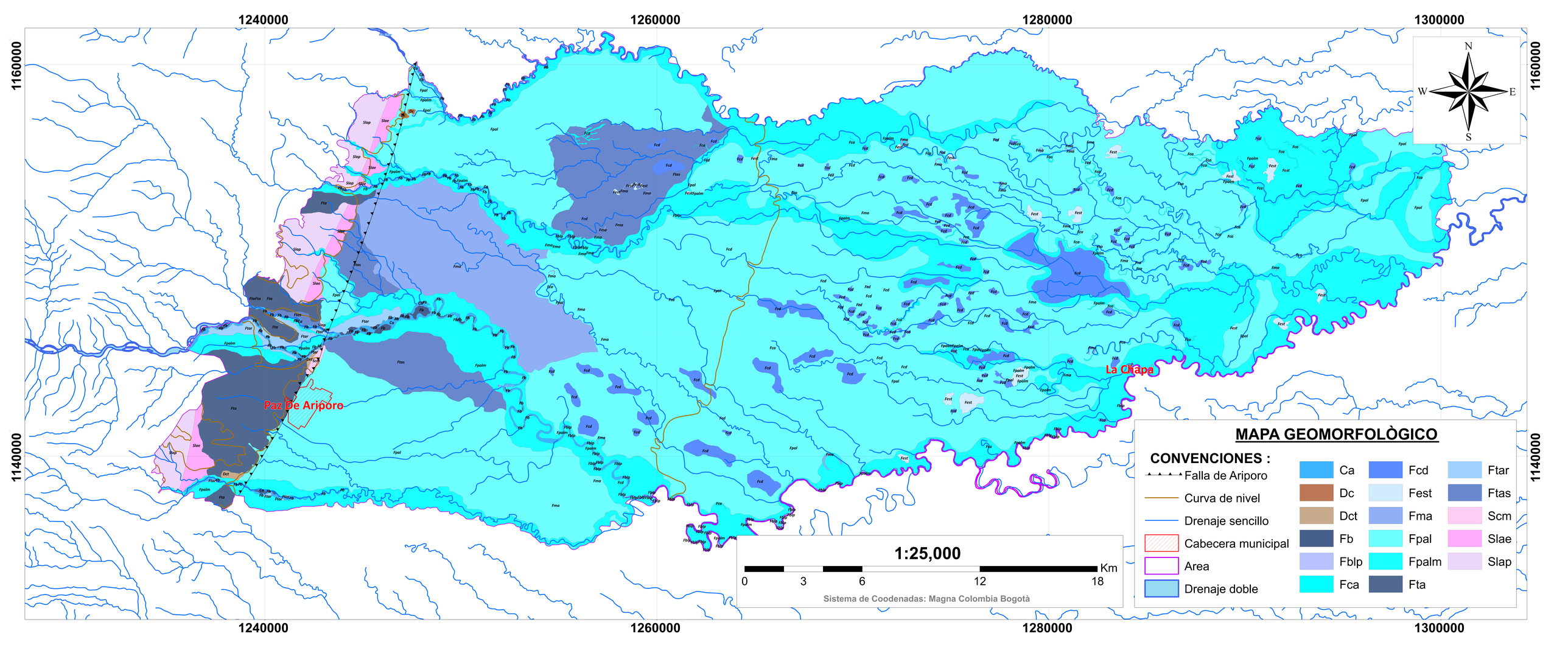
Universidad de Avignon (S.f). Software Diagrammes. Ver 5.4

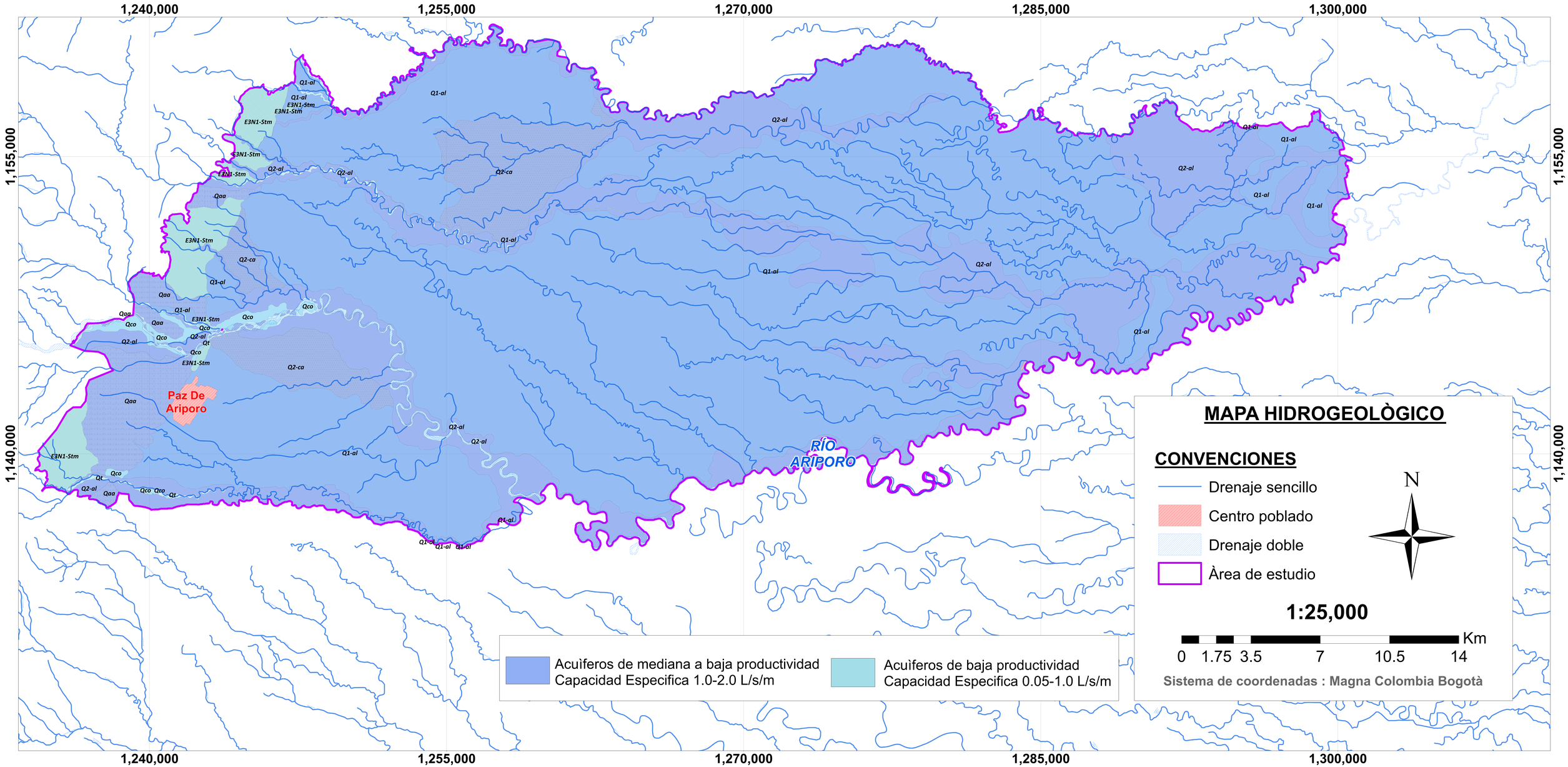
Universidad Estatal de Moscu (S.f). Software IPI2WIN versión 3.0.1

Van Der Hammen , T. (1960). Estratigrafia del Terciario y Maestrichtiano Continental y Tectogenesis en los Andes Colombianos, Bogotá.

Water Resources Council US. (1982). Guidelines for Determinig Flood Flow Frecuency, Revised Bulletin 17B of the Hydrology Committe.


1,240,000
1,255,000
1,270,000
1,285,000
1,300,000
1,155,000
1,140,000
Paz De Ariporo
HATO COROZAL
RÍO ARIPORO
MAPA HIDROGEOLÒGICO
CONVENCIONES
Falla de Ariporo
LimiteMunicipal
Drenaje sencillo
Centro poblado
Drenaje doble
Àrea de estudio
E3N1-Stm
Q-al
Q1-al
Q2-al
Q2-ca
Q1-ca
Qalr
Qco
Qt
1:25,000
0 2.5 5 10 15 20 Km
Sistema de coordenadas : Magna Colombia Bogotà


1240000
1260000
1280000
1300000
1160000
1140000
N
W
E
S
Paz De Ariporo
La Chapa
MAPA GEOMORFOLÒGICO
CONVENCIONES :
Falla de Ariporo
Curva de nivel
Drenaje sencillo
Cabecera municipal
Area
Drenaje doble
Ca
Dc
Dct
Fb
Fblp
Fca
Fcd
Fest
Fma
Fpal
Fpalm
Fta
Ftar
Ftas
Scm
Slae
Slap
1:25,000
0
3
6
12
18
Km
Sistema de Coodenadas: Magna Colombia Bogotà


1,240,000
1,255,000
1,270,000
1,285,000
1,300,000
1,155,000
1,140,000
Paz De Ariporo
RÍO ARIPORO
MAPA HIDROGEOLÒGICO
CONVENCIONES
Drenaje sencillo
Centro poblado
Drenaje doble
Àrea de estudio
N
1:25,000
0 1.75 3.5 7 10.5 14 Km
Sistema de coordenadas : Magna Colombia Bogotà
Acuíferos de mediana a baja productividad
Capacidad Especifica 1.0-2.0 L/s/m
Acuíferos de baja productividad
Capacidad Especifica 0.05-1.0 L/s/m

II

Manantiales I						
Código	**Condición del punto**	**Coord. Este**	**Coord. Norte**	**Municipio**	**Caudal l/s**	**Uso del agua**
M-001	Sin uso	1254359	1167982	Hato Corozal	ND	
M-002	En uso	1254483	1167774	Hato Corozal	ND	Consumo humano, Uso doméstico, Ganado
M-005	Sin uso	1254142	1166940	Hato Corozal	ND	
M-007	En uso	1255286	1164709	Hato Corozal	ND	Consumo humano, uso doméstico, ganado
M-010	En uso	1256458	1160088	Hato Corozal	ND	Abrevadero de Ganado
M-017	Sin uso	1254411	1159462	Hato Corozal	ND	
M-018	En uso	1254653	1159011	Hato Corozal	ND	Consumo humano, ganado
M-020	En uso	1254417	1158692	Hato Corozal	ND	Consumo humano, uso doméstico, ganado
M-022	En uso	1254079	1158591	Hato Corozal	ND	Abrevadero de Ganado
M-024	En uso	1254083	1158577	Hato Corozal	ND	Abrevadero de Ganado
M-025	Sin uso	1250017	1156891	Hato Corozal	ND	No se usa
M-026	En uso	1250027	1156887	Hato Corozal	ND	Consumo humano y uso domestico
M-028	En uso	1250680	1156784	Hato Corozal	0,130	Abrevadero de Ganado
M-029	En uso	1250624	1156892	Hato Corozal	0,016	Abrevadero de Ganado
M-030	En uso	1245616	1155908	Hato Corozal	1,5 a 2	Consumo humano, uso doméstico, ganado
M-032	Sin uso	1250097	1154983	Hato Corozal	ND	No se usa
M-033	En uso	1251182	1154941	Hato Corozal	ND	Abrevadero de Ganado
M-034	En uso	1248421	1154581	Hato Corozal	0,035	Consumo humano y uso domestico
M-035	En uso	1249565	1154581	Hato Corozal	0,083	Consumo humano
M-036	En uso	1250150	1154321	Hato Corozal	1,1	Consumo humano y uso domestico
M-037	Sin uso	1250310	1154240	Hato Corozal	0,3	No se usa
M-040	Sin uso	1257897	1154362	Hato Corozal	ND	
M-041	Sin uso	1250915	1153901	Hato Corozal	ND	
M-042	En uso	1251232	1153747	Hato Corozal	ND	Consumo humano y uso domestico
M-043	Sin uso	1251410	1153674	Hato Corozal	0,27	
M-045	Sin uso	1243993	1153209	Hato Corozal	ND	Abrevadero de Ganado
M-046	Sin uso	1244570	1153258	Hato Corozal	ND	Consumo humano y uso domestico
M-047	En uso	1244672	1152946	Hato Corozal	ND	Consumo humano, uso doméstico, peces
M-048	En uso	1244711	1152919	Hato Corozal	ND	Abrevadero de Ganado
M-052	Sin uso	1251796	1153207	Hato Corozal	0,085	Abrevadero de Ganado
M-053	En uso	1251839	1153133	Hato Corozal	0,28	Piscicultura
M-054	En uso	1251901	1153094	Hato Corozal	0,057	Piscicultura
M-055	En uso	1252154	1153005	Hato Corozal	0,12	Piscicultura
M-056	Sin uso	1251729	1153278	Hato Corozal	0,84	Consumo humano y uso domestico
M-057	Sin uso	1251688	1153285	Hato Corozal	0,025	
M-058	Sin uso	1251522	1153295	Hato Corozal	0,060	
M-059	En uso	1252230	1152825	Hato Corozal	ND	Consumo humano y uso domestico

II

M-060	Sin uso	1252298	1152712	Hato Corozal	ND	Abrevadero de Ganado
M-061	En uso	1252874	1152514	Hato Corozal	ND	Abastecimiento público
M-063	En uso	1252858	1152402	Hato Corozal	ND	Consumo humano y uso domestico
M-065	En uso	1252828	1152626	Hato Corozal	ND	Abrevadero de Ganado
M-066	Sin uso	1252640	1152629	Hato Corozal	0,66	
M-071	Sin uso	1256296	1153125	Hato Corozal	0,5	No se usa
M-073	En uso	1256122	1151588	Hato Corozal	ND	Abrevadero de Ganado
M-074	Sin uso	1244732	1151777	Hato Corozal	ND	No se usa
M-075	Sin uso	1244805	1151311	Hato Corozal	ND	No se usa
M-076	Sin uso	1244670	1151299	Hato Corozal	ND	No se usa
M-077	Sin uso	1244771	1151216	Hato Corozal	ND	No se usa
M-078	Sin uso	1244914	1151222	Hato Corozal	ND	No se usa
M-079	En uso	1249542	1151242	Hato Corozal	ND	Abrevadero de Ganado
M-080	Sin uso	1243230	1150349	Hato Corozal	1	No se usa
M-081	Sin uso	1243038	1149948	Hato Corozal	0,01	No se usa
M-083	Sin uso	1245677	1149928	Hato Corozal		No se usa
M-084	En uso	1249731	1150066	Hato Corozal	0,38	Abrevadero de Ganado
M-085	Sin uso	1249812	1149838	Hato Corozal	0,05	No se usa
M-086	En uso	1249796	1149920	Hato Corozal	0,5	Abrevadero de Ganado
M-088	En uso	1251057	1149737	Hato Corozal	ND	Abrevadero de Ganado
M-094	En uso	1247775	1148716	Hato Corozal	ND	Consumo humano
M-095	Sin uso	1247715	1148787	Hato Corozal	ND	No se usa
M-099	Sin uso	1248487	1148109	Hato Corozal	0,5	Consumo humano
M-100	Sin uso	1248591	1148513	Hato Corozal	0,3	No se usa
M-105	Sin uso	1250254	1148623	Hato Corozal	0,7	No se usa
M-107	En uso	1250617	1148375	Hato Corozal	0,81	Riego
M-108	En uso	1241415	1147533	Hato Corozal	0,083	Consumo humano y uso domestico
M-109	Sin uso	1250765	1147683	Hato Corozal	1,5	No se usa
M-110	Sin uso	1251066	1147620	Hato Corozal	0,3	No se usa
M-112	Sin uso	1251102	1147430	Hato Corozal	0,029	No se usa
M-113	Sin uso	1251347	1147303	Hato Corozal	3,1	No se usa
M-116	Sin uso	1252646	1146868	Hato Corozal	ND	No se usa
M-118	En uso	1241522	1146127	Paz de Ariporo	0,13	Abrevadero de Ganado
M-119	En uso	1241643	1146171	Paz de Ariporo	0,26	Abrevadero de Ganado
M-126	Sin uso	1252900	1145671	Hato Corozal	0,2	No se usa
M-130	En uso	1252921	1144610	Hato Corozal	0,1	Abrevadero de Ganado
M-131	Sin uso	1252928	1145310	Hato Corozal	ND	No se usa
M-132	Sin uso	1252915	1145404	Hato Corozal	0,03	No se usa
M-133	Sin uso	1253152	1144696	Hato Corozal	0,15	Abrevadero de Ganado
M-135	En uso	1252758	1144789	Hato Corozal	0,125	Abrevadero de Ganado
M-136	Sin uso	1252776	1144752	Hato Corozal	0,06	No se usa
M-146	En uso	1239378	1143591	Paz de Ariporo		Abrevadero de Ganado

II

M-151	En uso	1250805	1143148	Paz de Ariporo	0.0083	Abrevadero de Ganado
M-154	Sin uso	1237588	1141809	Paz de Ariporo	0,134	No se usa
M-155	En uso	1237604	1141777	Paz de Ariporo	0,05	Abrevadero de Ganado
M-163	Sin uso	1253690	1141220	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-165	Sin uso	1237288	1140721	Paz de Ariporo	0,18	No se usa
M-166	Sin uso	1237138	1140666	Paz de Ariporo	0,88	No se usa
M-188	Sin uso	1237594	1139855	Paz de Ariporo	2	No se usa
M-189	Sin uso	1237839	1139775	Paz de Ariporo	4	No se usa
M-191	En uso	1236296	1139538	Paz de Ariporo	0,22	Consumo humano y uso domestico
M-192	En uso	1236232	1139550	Paz de Ariporo	0,05	Consumo humano y uso domestico
M-193	Sin uso	1236924	1139365	Paz de Ariporo	1,5	No se usa
M-194	Sin uso	1237023	1139394	Paz de Ariporo	0,03	No se usa
M-195	En uso	1236596	1139322	Paz de Ariporo	0,3	Abrevadero de Ganado
M-201	En uso	1245965	1138130	Paz de Ariporo	0,5	Abrevadero de Ganado
M-207	Sin uso	1235703	1134903	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-208	En uso	1235468	1134997	Paz de Ariporo	ND	Abrevadero de Ganado
M-209	Sin uso	1235264	1135328	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-210	En uso	1235521	1135172	Paz de Ariporo	ND	Uso doméstico
M-211	Sin uso	1235491	1135318	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-212	Sin uso	1235473	1135323	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-213	Sin uso	1235620	1135366	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-214	Sin uso	1235620	1135367	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-215	Sin uso	1235610	1135377	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-216	Sin uso	1235619	1135452	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-217	Sin uso	1235697	1135461	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-218	Sin uso	1235708	1135316	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-219	Sin uso	1236011	1135551	Paz de Ariporo	0,01	No se usa
M-220	Sin uso	1236343	1135012	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-221	Sin uso	1236343	1135012	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-222	Sin uso	1236257	1134967	Paz de Ariporo	0,04	No se usa
M-223	Sin uso	1236177	1135018	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-224	Sin uso	1236306	1134806	Paz de Ariporo	ND	No se usa
M-228	En uso	1245774	1133520	Paz de Ariporo	0,5	Abrevadero de Ganado
M-230	Sin uso	1245196	1133119	Paz de Ariporo	0,5	No se usa

M-241	Sin uso	1237756	1132550	Paz de Ariporo	0,12	No se usa
M-242	Sin uso	1245185	1132669	Paz de Ariporo	0,31	No se usa
M-243	Sin uso	1245103	1131987	Paz de Ariporo	0,5	No se usa
ND: Información no disponible porque no se pudo aforar						

II

Pozos I								
Código	**Condición del punto**	**Coord. Este**	**Coord. Norte**	**Municipio**	**Prof. (m)**	**Diámetro**	**NE (m)**	**USO DEL AGUA**
P-011	En reserva	1256460	1159919	Hato Corozal	25	3''	ND	Abrevadero de Ganado
P-012	Productivo	1256536	1159918	Hato Corozal	24	3''	ND	Consumo humano, uso doméstico
P-013	Productivo	1257854	1160046	Hato Corozal	24	3''	ND	Abrevadero de Ganado
P-014	En reserva	1257860	1160001	Hato Corozal	24	3''	ND	Abrevadero de Ganado
P-016	Productivo	1257758	1159574	Hato Corozal	24	1.5''	ND	Abrevadero de Ganado
P-019	Productivo	1254622	1159004	Hato Corozal	28	3''	ND	Uso doméstico, ganado
P-021	Productivo	1254961	1159041	Hato Corozal	ND	3''	ND	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-023	Productivo	1254089	1158582	Hato Corozal	20	1.5''	ND	Abrevadero de Ganado
P-038	Productivo	1256061	1154042	Hato Corozal	42	4''	ND	Abrevadero de Ganado
P-039	En reserva	1255723	1154584	Hato Corozal	52	4''	6,54	No se usa
P-044	En reserva	1257705	1153389	Hato Corozal	ND	4''		Consumo humano
P-062	Colapsado	1252921	1152509	Hato Corozal	30	2''		
P-064	En reserva	1252916	1152392	Hato Corozal	16,8	3''	6,8	
P-067	Productivo	1252739	1152703	Hato Corozal	5	2''	ND	Consumo humano, uso doméstico
P-068	Productivo	1253805	1152514	Hato Corozal	42	3''	ND	Desconocido
P-069	Productivo	1254314	1152134	Hato Corozal	18	3''	ND	Consumo humano, uso doméstico
P-070	Productivo	1256506	1153130	Hato Corozal	42	3''	ND	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-072	Abandonado	1256148	1152190	Hato Corozal	24	3''	ND	
P-087	Productivo	1249616	1150095	Hato Corozal	11	3''		Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-089	Productivo	1251350	1150075	Hato Corozal	12	3''	ND	Consumo humano, uso doméstico
P-090	Productivo	1256829	1149751	Hato Corozal	40	3''	2,3	Consumo humano, uso doméstico
P-106	Productivo	1250440	1148745	Hato Corozal	72	6''	ND	Abastecimiento público
P-114	Abandonado	1252512	1146773	Hato Corozal	15	1''	4,80	
P-115	Productivo	1252634	1146916	Hato Corozal	60	4''	ND	Consumo humano, uso doméstico
P-120	Productivo	1255715	1146637	Hato Corozal	90	4''	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-121	Productivo	1240385	1145122	Paz de Ariporo	ND	4''	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-124	Productivo	1250226	1145030	Hato Corozal	69	4	Pozo saltante	Abastecimiento público
P-125	Productivo	1252311	1145926	Hato Corozal	57	4''	ND	Consumo humano, uso doméstico
P-128	Productivo	1256939	1145765	Paz de Ariporo	18	2''	ND	Abrevadero de Ganado

II

P-134	Productivo	1253135	1144512	Hato Corozal	70	3"	ND	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-138	Productivo	1253572	1157552	Hato Corozal	28	2"	ND	Abrevadero de Ganado
P-140	Abandonado	1254738	1144764	Hato Corozal	18	1.5"	ND	
P-142	Productivo	1254988	1144296	Hato Corozal	19	3"	ND	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-143	Productivo	1253548	1144121	Hato Corozal	56		Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico
P-144	Productivo	1244543	1144019	Paz de Ariporo	84	6"	ND	Abastecimiento público
P-147	En reserva	1254256	1143608	Hato Corozal	48	3"	ND	No se usa
P-149	Productivo	1248792	1143084	Paz de Ariporo	34	4"	Pozo saltante	Abastecimiento público
P-152	En reserva	1254509	1142927	Hato Corozal	54	3"	ND	Abrevadero de Ganado
P-157	Productivo	1252013	1142130	Paz de Ariporo	100	6"	Pozo saltante	Piscicultura
P-159	Productivo	1251694	1142032	Paz de Ariporo	92	4"	Pozo saltante	Abastecimiento público
P-161	Productivo	1250419	1141844	Paz de Ariporo	86	6"	Pozo saltante	Abastecimiento público
P-167	Productivo	1252848	1140505	Paz de Ariporo	6	1, 5"	0,1	Abrevadero de Ganado
P-169	Productivo	1255534	1140658	Hato Corozal	76	4"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico
P-170	Productivo	1255268	1140753	Hato Corozal	36	4"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico, ganado, riego
P-171	Productivo	1255292	1140555	Paz de Ariporo	62	4"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-172	Productivo	1255654	1140355	Paz de Ariporo	102	4"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-173	Productivo	1256216	1140489	Hato Corozal	85	4"	Pozo saltante	Riego
P-174	Productivo	1255669	1140190	Paz de Ariporo	60	3"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-175	Productivo	1255841	1139963	Paz de Ariporo	90	4"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-176	Productivo	1256305	1140125	Hato Corozal	30	1.5"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-177	Productivo	1256437	1140296	Hato Corozal	30	1.5"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico, Ganado
P-178	Productivo	1256599	1140277	Hato Corozal	90	4"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico, ganado, riego
P-179	Productivo	1256547	1140107	Hato Corozal	45	3"	Pozo saltante	Abrevadero de Ganado
P-180	Productivo	1255800	1140284	Paz de Ariporo	80	4"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico

II

P-181	Productivo	1255921	1140218	Paz de Ariporo	80	4"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico
P-182	Productivo	1256073	1140226	Hato Corozal	25	2.5"	1,36	Consumo humano, domestico y ganado
P-183	Productivo	1256011	1140142	Paz de Ariporo	30	2.5"	1,33	consumo humano y ganado
P-184	Productivo	1256243	1140035	Hato Corozal	30	1,5"	ND	Consumo humano, domestico y ganado
P-185	Productivo	1255767	1140081	Paz de Ariporo	ND	1.5"	Pozo saltante	Consumo humano, uso domestico
P-186	Productivo	1255811	1140165	Paz de Ariporo	25	1.5"	ND	Consumo humano, uso domestico
P-187	Productivo	1243439	1140128	Paz de Ariporo	40	4"	ND	Consumo humano, uso doméstico
P-190	Productivo	1242586	1139874	Paz de Ariporo	65	4"	4	Abrevadero de Ganado
P-196	Productivo	1256482	1139637	Paz de Ariporo	30	3"	Pozo saltante	Consumo humano, domestico y ganado
P-197	Productivo	1255455	1139499	Paz de Ariporo	90	4"	Pozo saltante	Abastecimiento público
P-198	Productivo	1256746	1139051	Paz de Ariporo	38	1.5"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico y piscicultura
P-199	Productivo	1245325	1138755	Paz de Ariporo	40	4"	ND	Consumo humano, uso doméstico
P-200	En reserva	1246398	1138527	Paz de Ariporo	40	4"	ND	No se usa
P-202	Productivo	1257381	1138903	Paz de Ariporo	67	4"		Consumo humano y uso doméstico
P-203	Productivo	1257335	1138808	Paz de Ariporo	70	3"	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico y ganado
P-204	En reserva	1258159	1138615	Hato Corozal	85	4"		No se usa
P-205	Productivo	1257587	1138836	Paz de Ariporo	12	1,5"	ND	Consumo humano, uso domestico, piscicultura
P-225	Productivo	1245744	1133854	Paz de Ariporo	12	2"	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-226	Productivo	1252852	1133815	Paz de Ariporo	63	4"	1,06	Consumo humano, uso doméstico y ganado
P-227	Productivo	1245559	1133621	Paz de Ariporo	12	2"	ND	Piscicultura
P-229	Productivo	1253079	1133590	Paz de Ariporo	12	3"	2,75	Consumo humano, uso doméstico y ganado
P-231	Productivo	1253147	1133263	Paz de Ariporo	56		3,09	Consumo humano y doméstico
P-232	Productivo	1253065	1133586	Paz de Ariporo	50	4"	0,73	Consumo humano, uso doméstico y ganado
P-233	Productivo	1253331	1133005	Paz de Ariporo	36		Pozo saltante	Consumo humano, Uso doméstico
P-234	En reserva	1253315	1133046	Paz de Ariporo	37		2,91	No se usa
P-235	Productivo	1253240	1132988	Paz de Ariporo	36	1.5 ''	ND	Piscicultura
P-237	Productivo	1253176	1132880	Paz de Ariporo	40	2"	ND	Abrevadero de Ganado
P-238	Productivo	1253330	1133101	Paz de Ariporo	40	2.5"	3	Piscicultura
P-239	Productivo	1254045	1132837	Paz de Ariporo	43	4"	1,9	Abastecimiento público

II

P-243	Productivo	1250963	1132633	Paz de Ariporo	60	1.5"	Pozo saltante	Consumo humano, Uso doméstico
P-244	En reserva	1250955	1132652	Paz de Ariporo	25	3"	0,4	No se usa
P-246	Productivo	1253087	1132352	Paz de Ariporo	36	2"	ND	Abrevadero de Ganado
P-248	Productivo	1255486	1131449	Paz de Ariporo	30	3"	ND	Uso doméstico, Ganado
P-249	Productivo	1255357	1131423	Paz de Ariporo	40	4"	2.4	Consumo humano
P-250	Productivo	1256169	1131183	Paz de Ariporo	67	4"	ND	Consumo humano, riego, Ganado
P-252	En reserva	1244758	1130218	Paz de Ariporo	23	1.5"	ND	Abrevadero de Ganado
P-253	En reserva	1252584	1129795	Paz de Ariporo	12	3"	Pozo saltante	Abrevadero de Ganado
P-254	Productivo	1245187	1129826	Paz de Ariporo	60	3"	Pozo saltante	Abrevadero de Ganado
P-255	Productivo	1251977	1128795	Paz de Ariporo	60	4 ´´	Pozo saltante	Consumo humano y uso doméstico
P-257	En reserva	1252002	1128815	Paz de Ariporo	30	2´´	Pozo saltante	Abrevadero de Ganado
P-258	Productivo	1252887	1128424	Paz de Ariporo	30	4´´	Pozo saltante	Consumo humano, uso doméstico y ganado

II

Aljibes I								
Código	**Condición del punto**	**Coord. Este**	**Coord. Norte**	**Municipio**	**Prof. (m)**	**Diámetro**	**NE (m)**	**Uso del agua**
A-003	En reserva	1255820	1167236	Hato Corozal	8	1,2 m	0.8	Consumo humano, Uso doméstico
A-004	Productivo	1254164	1166964	Hato Corozal	8	1,7 m	0.4	Uso doméstico y Ganado
A-006	Productivo	1255182	1165030	Hato Corozal	5	1.2 m		Consumo humano, Uso doméstico
A-008	Productivo	1256436	1164226	Hato Corozal	5	0.9 m	1.5	Consumo humano, Uso doméstico
A-009	En reserva	1256383	1164244	Hato Corozal	4	0.8 m	0.3	Consumo humano, Uso doméstico
A-015	Productivo	1257846	1160083	Hato Corozal	5	1.3 m	2.4	Consumo humano, Uso doméstico
A-027	Productivo	1250016	1156889	Hato Corozal	1	1 x 2,3 x 1,7		Consumo humano y Ganado
A-049	En reserva	1249503	1153098	Hato Corozal	3.6	1,84 m	1.44	Abrevadero de Ganado
A-050	Productivo	1250360	1152746	Hato Corozal	10	1,1 m	2	Consumo humano, uso doméstico y ganado.
A-082	Productivo	1255202	1150474	Hato Corozal	4,5	1,23 m	1,2	Consumo humano, domestico y ganado
A-091	En reserva	1245958	1149267	Hato Corozal	15	1,1 m	6	
A-092	En reserva	1245663	1148468	Hato Corozal	5	1,95 m	1,75	consumo humano y uso doméstico
A-093	En reserva	1246225	1148384	Hato Corozal	22	1,1 m	6,3	consumo humano y uso doméstico
A-096	En reserva	1248266	1148663	Hato Corozal	6.1	1.08 m	4.2	Consumo humano y Uso doméstico
A-097	En reserva	1248472	1148463	Hato Corozal	8.10	2.15 m	3	
A-098	En reserva	1248571	1148351	Hato Corozal	12	1.29 m	9	
A-101	En reserva	1248318	1148662	Hato Corozal	8	1.41 m	3.3	No se usa
A-102	En reserva	1248160	1148500	Hato Corozal	10	1.8 m	5	Consumo humano, Uso doméstico y Ganado
A-103	Productivo	1248393	1148551	Hato Corozal	8	1.86 m	2.8	Abastecimiento público
A-104	En reserva	1248350	1148610	Hato Corozal	6	1.27 m	2.8	Consumo humano y Uso doméstico
A-111	En reserva	1250915	1147762	Hato Corozal	4	1,4 m	2	No se usa
M-117	En reserva	1241000	1146402	Paz de Ariporo	15	2,2 m	1	Consumo humano y doméstico
A-122	Productivo	1244713	1145095	Hato Corozal	9	1.4 m	3,2	Abrevadero de Ganado
A-123	Productivo	1244842	1145597	Hato Corozal	6	3 m	2	Abrevadero de Ganado
A-127	Productivo	1256946	1145763	Hato Corozal	11	1,1 m	1,3	Consumo humano, uso domestico y ganado
A-129	En reserva	1252948	1144657	Hato Corozal	7		2,45	Consumo humano y Domestico
A-137	Productivo	1253566	1157544	Hato Corozal	8	1.2 m	1.7	Consumo humano
A-139	Abandonado	1254739	1144765	Hato Corozal	3	1,29 m	0,5	
A-141	Abandonado	1254993	1144303	Hato Corozal	4	2,1 m	0,6	
A-145	En reserva	1244179	1144232	Paz de Ariporo	8	2.1 m	5.5	No se usa

A-148	Productivo	1248207	1143134	Paz de Ariporo	3	2 m	1.4	Uso doméstico y Ganado
A-150	En reserva	1249376	1142915	Paz de Ariporo	3	1.5 m	1	Abrevadero de Ganado
A-153	Productivo	1247190	1142603	Paz de Ariporo	6	1.8 m	1.1	Consumo humano, Uso doméstico, Ganado
A-156	En reserva	1251517	1142152	Paz de Ariporo	4,28	0,80 m	2,51	Uso doméstico
A-158	En reserva	1250881	1142105	Paz de Ariporo	7,5	1,50 m	1,66	Abrevadero de Ganado
A-160	En reserva	1251767	1141866	Paz de Ariporo	7	1,3 m	1,08	No se usa
A-162	En reserva	1253573	1141089	Paz de Ariporo	3,45	0,92 m	2,11	No se usa
A-164	En reserva	1253709	1141186	Paz de Ariporo	7	0,9 m	3,42	Consumo humano y uso domestico
A-168	En reserva	1252843	1140495	Paz de Ariporo	5,25	0,85 m	1,31	No se usa
A-206	En reserva	1243359	1137198	Paz de Ariporo	5	1.45 m	1	Abrevadero de Ganado
A-236	Productivo	1253350	1132973	Paz de Ariporo	6	1,54 m	1,15	Consumo humano y uso doméstico.
A-240	En reserva	1254050	1132834	Paz de Ariporo	8.37	13 m	1,4	No se usa
A-245	Productivo	1250809	1132530	Paz de Ariporo	4.32	3,2 m	0,67	Consumo humano, Uso doméstico
A-251	En reserva	1256136	1131165	Paz de Ariporo	9	1 m	165-50	Abrevadero de Ganado
A-256	Abandonado	1252002	1128809	Paz de Ariporo	8	1,29 m	0,5 m	

Manantiales I							
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
M-050	La Argentina	Hato Corozal	Chaparralito	933133	1140168	0,08	Pecuario
M-109	La Chapa	Hato Corozal	La Amistad	946709	1146957	0,048	Pecuario
M-124	El Oso	Hato Corozal	Zona de descarga Río Ariporo	965042	1147867	0,042	No se usa
M-139	La Chapa	Hato Corozal	Carimagua	956613	1149919	0,47	Consumo humano, uso doméstico y pecuario.
M-175	Santa Teresa	Hato Corozal	Santa Teresa	929619	1151466	0,5	Pecuario
M-193	La Florida	Hato Corozal	El Tronco	940169	1142024	Desconocido	Pecuario
M-201	Berlín	Hato Corozal	Los Delirios	926293	1154551	Desconocido	Pecuario
M-202	Berlín	Hato Corozal	Los Delirios	926296	1154915	1	Pecuario
M-487	Las Mercedes	Hato Corozal	Los Ángeles	924070	1153125	0,5	No se usa

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-001	La Florida	Hato Corozal	Campo Alegre	939762	1139900	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-003	La Florida	Hato Corozal	Campo Alegre	939755	1139884	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-004	La Florida	Hato Corozal	Las Acacias	937345	1139516	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-006	La Florida	Hato Corozal	Las Acacias	937222	1139550	1,84	ND	Pecuario
P-007	La Argentina	Hato Corozal	El Ombligo	933286	1145687	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-009	La Argentina	Hato Corozal	El Potrillo	929242	1139562	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-010	La Argentina	Hato Corozal	Escuela Simón Bolívar	929165	1139574	+0,36 *	0,5	Consumo humano y uso doméstico
P-012	La Florida	Hato Corozal	Placeres	936222	1141717	ND	1,31	Consumo humano, uso doméstico, pecuario
P-013	La Florida	Hato Corozal	Placeres	936182	1141734	ND	No se usa	
P-014	La Florida	Hato Corozal	Guaratar o	935589	1138288	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-015	La Florida	Hato Corozal	Venecia	934495	1138762	+0,26 m *	0,16	Consumo humano y uso doméstico
P-016	La Argentina	Hato Corozal	La Gavana	932284	1141487	ND	1	Consumo humano y uso doméstico
P-017	La Argentina	Hato Corozal	La Gavana	932288	1141525	+0,28 *	ND	Pecuario
P-018	La Argentina	Hato Corozal	Chaparra lito	933073	1139780	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-019	La Argentina	Hato Corozal	Chaparra lito	933084	1139764	ND	No se usa	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-020	La Argentina	Hato Corozal	Chaparra lito	933085	1139764	ND	No se usa	No se usa
P-021	La Argentina	Hato Corozal	Chaparra l	933109	1139095	ND	No se usa	Sin información
P-022	La Argentina	Hato Corozal	Chaparra l	933112	1139071	ND	0,38	Consumo humano y uso doméstico
P-023	La Argentina	Hato Corozal	La Llovisna	933876	1137431	+0,36 *	ND	Consumo humano y uso doméstico

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-025	La Argentina	Hato Corozal	Matevaquero	932952	1136288	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-026	La Argentina	Hato Corozal	Matevaquero	933222	1136818	ND	0,5	Consumo humano y uso doméstico
P-027	La Argentina	Hato Corozal	Matevaquero	932953	1136286	2,91	No se usa	Consumo humano y uso doméstico
P-028	La Argentina	Hato Corozal	Mataguarito	933777	1136297	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-030	La Argentina	Hato Corozal	San Vicente	932289	1136436	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-031	La Argentina	Hato Corozal	San Vicente	932332	1136543	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-032	La Argentina	Hato Corozal	Los Caprichos	932432	1135535	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-033	La Argentina	Hato Corozal	Belén	932027	1135613	ND	0,5	Uso doméstico
P-034	La Argentina	Hato Corozal	Santa Isabela	931971	1136564	ND	0,4	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-035	La Argentina	Hato Corozal	Santa Isabela	931871	1136598	ND	No se usa	Pecuario
P-036	La Argentina	Hato Corozal	Laguna de Junco	930837	1137184	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-038	La Argentina	Hato Corozal	Laguna de Junco	930850	1137251	ND	No se usa	Uso doméstico y pecuario
P-039	La Argentina	Hato Corozal	Laguna de Junco	930983	1137179	ND	ND	Pecuario
P-040	La Argentina	Hato Corozal	Laguna de Junco	931412	1137229	+0,27 *	0,017	Pecuario
P-041	La Argentina	Hato Corozal	Laguna de Junco	931647	1137785	ND	ND	Pecuario
P-044	La Argentina	Hato Corozal	El Ocaso	934108	1144556	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-045	La Argentina	Hato Corozal	El Ocaso	933914	1143371	0,1	No se usa	Pecuario
P-046	La Argentina	Hato Corozal	La Bonanza	933614	1140713	ND	ND	Pecuario
P-047	La Argentina	Hato Corozal	La Bonanza	933545	1140731	1,18	ND	Pecuario
P-048	La Argentina	Hato Corozal	La Bonanza	932694	1140527	1,63	No se usa	Consumo humano, uso doméstico y pecuario

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-051	La Argentina	Hato Corozal	El Progreso	931669	1138589	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-052	La Argentina	Hato Corozal	El Progreso	931657	1138586	+0,24 *	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-054	La Argentina	Hato Corozal	La Gloria	929609	1139041	1,42	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-056	La Argentina	Hato Corozal	Santa Marta	928959	1139330	+0,50 *	0,5	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-057	La Argentina	Hato Corozal	Santa Marta	928998	1139372	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-058	La Argentina	Hato Corozal	Via Tranquila	928216	1138344	+0,63 *	0,44	Consumo humano, uso doméstico y pecuario,
P-059	La Argentina	Hato Corozal	La Argentina (2)	928325	1137771	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-060	La Argentina	Hato Corozal	La Argentina (2)	928319	1137983	1,84	ND	Pecuario
P-061	La Argentina	Hato Corozal	La argentina (1)	928345	1137650	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-062	La Argentina	Hato Corozal	La argentina (1)	928332	1137668	ND	No se usa	No se usa
P-063	La Argentina	Hato Corozal	La Envidia	926632	1138901	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-064	La Argentina	Hato Corozal	Brisas del Ariporo	926211	1137794	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-065	La Argentina	Hato Corozal	La Amapola	926957	1137874	+0,75 *	1,37	Consumo humano y uso doméstico
P-066	La Argentina	Hato Corozal	El Zaman	927357	1137713	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-067	La Argentina	Hato Corozal	El Zaman	927333	1137710	ND	No se usa	No se usa
P-068	La Argentina	Hato Corozal	La Provincia	927454	1137859	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-069	La Argentina	Hato Corozal	Los Camorucos	927948	1138235	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-070	La Argentina	Hato Corozal	Los Camorucos	927943	1138250	ND	No se usa	No se usa
P-071	La Argentina	Hato Corozal	El Algarrobo	927870	1138715	+0,50 *	0,44	Pecuario
P-072	La Argentina	Hato Corozal	El Algarrobo	927858	1138716	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-073	La Argentina	Hato Corozal	Matapalito	928413	1139515	+0,35 *	0,25	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-074	La Argentina	Hato Corozal	Matapalito	928422	1139539	0,66	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-075	La Argentina	Hato Corozal	El Milagro	931177	1138744	1,62	No se usa	No se usa
P-077	La Argentina	Hato Corozal	El Milagro	931202	1138790	0,13	No se usa	No se usa
P-078	La Argentina	Hato Corozal	Santa Cecilia	931281	1139949	+0,25 *	No se usa	Sin información
P-079	San José de Ariporo	Hato Corozal	Miralindo	927460	1143809	3,29	ND	Uso doméstico
P-080	San José de Ariporo	Hato Corozal	Miralindo	927440	1143821	1,7	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-081	La Argentina	Hato Corozal	Mataredonda	927791	1140554	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-082	La Chapa	Hato Corozal	La Bendición	951520	1142770	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-083	La Chapa	Hato Corozal	La Bendición	951405	1142922	2,49	No se usa	Agrícola y pecuario
P-085	La Florida	Hato Corozal	La Bombonera	944914	1142998	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-086	La Florida	Hato Corozal	La Bombonera	945008	1142850	ND	ND	Pecuario
P-087	La Florida	Hato Corozal	Remolino	948467	1140688	ND	No se usa	No se usa
P-089	La Florida	Hato Corozal	Remolino	948321	1140627	3,54	No se usa	Consumo humano y uso doméstico
P-088	La Florida	Hato Corozal	Remolino	948421	1140628	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-090	La Chapa	Hato Corozal	Los Naranjales	950161	1143078	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-091	La Chapa	Hato Corozal	San Andres	949928	1142323	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-094	La Chapa	Hato Corozal	Amparo	949273	1142187	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-095	La Chapa	Hato Corozal	Por Fin	949744	1144885	1,14	ND	Pecuario
P-096	La Chapa	Hato Corozal	Atamaica	944692	1145226	ND	0,5	Consumo humano, uso doméstico y pecuario

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-097	La Chapa	Hato Corozal	La Piragua	945629	1147446	0,87	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-099	La Chapa	Hato Corozal	La Piragua	946551	1147551	+0,60 *	ND	Pecuario
P-100	La Chapa	Hato Corozal	El Paraiso	945507	1147835	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-101	La Chapa	Hato Corozal	Los Pinos	945742	1147747	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-103	La Chapa	Hato Corozal	Atamaica	945089	1145285	1,42	No se usa	
P-104	La Chapa	Hato Corozal	El Milagro	945666	1145039	1,06	No se usa	
P-106	La Chapa	Hato Corozal	Palmarrala	947447	1143967	0,88	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-107	La Chapa	Hato Corozal	La Amistad	946895	1146476	+0,65 *	No se usa	Consumo humano y uso doméstico.
P-108	La Chapa	Hato Corozal	La Amistad	946899	1146387	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-110	La Chapa	Hato Corozal	El Olvido	947146	1146517	+0,5 *	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-111	La Chapa	Hato Corozal	La Arenosa	949006	1147101	1,19	No se usa	
P-113	La Chapa	Hato Corozal	La Arenosa	949005	1147078	ND	0,6	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-114	La Chapa	Hato Corozal	La Arenosa	948984	1146958	ND	ND	Pecuario
P-115	La Chapa	Hato Corozal	La Arenosa	949322	1146615	+0,33 *	ND	Pecuario
P-116	La Chapa	Hato Corozal	Palmarito	950877	1147143	0,72	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-117	La Chapa	Hato Corozal	Los Manantiales	948445	1144644	2,03	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-118	La Chapa	Hato Corozal	Los Manantiales	948446	1144628	1,44	No se usa	No se usa
P-119	El Oso	Hato Corozal	Girasoles	964608	1150574	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-120	El Oso	Hato Corozal	Las Caraqueñas	963570	1150104	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico.
P-121	El Oso	Hato Corozal	Escuela Veredal El Oso	964274	1147879	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico.

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-122	El Oso	Hato Corozal	El Japón	964260	1147566	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario.
P-123	El Oso	Hato Corozal	El Paraiso	964707	1147117	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico.
P-125	La Chapa	Hato Corozal	La Conquista	953015	1145379	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-126	La Chapa	Hato Corozal	La Conquista	953029	1145397	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-127	La Chapa	Hato Corozal	Guaicaramo	955386	1146512	ND	No se usa	No se usa
P-129	La Chapa	Hato Corozal	El Cristal	956014	1145710	1,23	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-130	La Chapa	Hato Corozal	El Cristal	956046	1145729	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-131	La Chapa	Hato Corozal	El Cristal	954881	1145933	ND	No se usa	Consumo humano y uso doméstico
P-132	La Chapa	Hato Corozal	El Zaray	955667	1144278	ND	0,27	Consumo humano, uso doméstico, pecuario
P-133	La Chapa	Hato Corozal	El Porvenir	954219	1144475	3,9	No se usa	No se usa
P-134	La Chapa	Hato Corozal	El Deporte	953746	1145510	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-135	La Chapa	Hato Corozal	El Control	952635	1145560	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-136	La Chapa	Hato Corozal	Bellavista	953520	1147012	+0,6 *	0,2	Consumo humano, uso doméstico y pecuario.
P-138	La Chapa	Hato Corozal	Bellavista	953532	1147039	0,6	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-140	La Chapa	Hato Corozal	Carimagua	956584	1149308	ND	No se usa	
P-141	La Chapa	Hato Corozal	La Sultana	952024	1145321	0,74	0,2	Consumo humano, uso doméstico y pecuario.
P-143	La Chapa	Hato Corozal	La Luna	951134	1144871	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-144	La Chapa	Hato Corozal	La Granja	950698	1144630	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-145	La Chapa	Hato Corozal	Casa de la Chapa	951801	1143886	2,61	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-146	La Chapa	Hato Corozal	Internado La Chapa	951843	1143957	ND	ND	Abastecimiento público

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-147	La Chapa	Hato Corozal	Colegio La Chapa	951733	1143679	1,75	No se usa	No se usa
P-149	La Chapa	Hato Corozal	Acueducto La Chapa	951662	1143709	0,4	ND	Abastecimiento público
P-150	Matapalito	Hato Corozal	Agua Verde	957758	1153370	0,02	1,5	Pecuario
P-151	Matapalito	Hato Corozal	Agua Verde	957436	1153308	0,25	2,22	Consumo humano y uso doméstico
P-153	Matapalito	Hato Corozal	El Algarrobo	958694	1156859	6,12	0,08	Consumo humano y uso doméstico
P-154	Matapalito	Hato Corozal	Caraima	963367	1153795	ND	1,34	Consumo humano y uso doméstico
P-155	Matapalito	Hato Corozal	La Laguna	959213	1149022	ND	1,83	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-156	Matapalito	Hato Corozal	La Laguna	959216	1149018	1,48	No se usa	No se usa
P-158	Matapalito	Hato Corozal	Roca Linda	955337	1150645	ND	0,91	Consumo humano y uso doméstico
P-159	Matapalito	Hato Corozal	Roca Linda	955355	1150621	1,16	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-160	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Penjamo	950928	1154059	0,60	ND	Pecuario
P-161	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Penjamo	950966	1154020	1,09	0,33	Pecuario
P-162	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Penjamo	952536	1154961	0,61	ND	Pecuario
P-163	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Penjamo	952707	1154345	0,31	ND	Pecuario
P-164	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Penjamo	952497	1153393	ND	ND	Pecuario
P-165	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Penjamo	954281	1153541	0,58	0,28	Pecuario
P-166	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Penjamo	954883	1153856	ND	0,25	Pecuario
P-167	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Penjamo	952153	1155501	1,59	ND	Pecuario
P-168	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Penjamo	952205	1155531	1,17	ND	Pecuario
P-169	Santa Teresa	Hato Corozal	Camoruco	927787	1150636	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-170	Santa Teresa	Hato Corozal	Camoruco	927874	1150572	ND	0,16	Pecuario
P-171	Santa Teresa	Hato Corozal	Camoruco	927971	1150574	ND	1,41	Consumo humano y uso doméstico
P-172	Santa Teresa	Hato Corozal	El Zaman	927897	1150871	ND	0,5	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-173	Santa Teresa	Hato Corozal	El Delirio	928055	1150737	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-176	Santa Teresa	Hato Corozal	Santa Teresa	929626	1150990	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-177	Santa Teresa	Hato Corozal	Santa Teresa	929603	1149978	1,28	ND	Pecuario
P-178	Santa Teresa	Hato Corozal	Santa Teresa	929085	1150542	1,52	ND	Pecuario
P-180	Santa Teresa	Hato Corozal	Escuela Santa Teresa	929278	1150939	2,98	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-181	Santa Teresa	Hato Corozal	La Realidad	931453	1149838	2,63	0,83	Consumo humano y uso doméstico
P-183	Santa Teresa	Hato Corozal	Palmira	932990	1149163	1,1	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-185	Santa Teresa	Hato Corozal	Palmira	933512	1149060	2	ND	Pecuario
P-186	Santa Teresa	Hato Corozal	Sin información	924594	1149257	2,59	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-187	La Florida	Hato Corozal	Hato La Florida	941597	1140304	ND	0,07	Consumo humano y uso doméstico
P-189	La Florida	Hato Corozal	Los Esteros	940931	1140309	ND	0,0014	Consumo humano y uso doméstico
P-190	La Florida	Hato Corozal	El Combeima	940802	1140099	ND	0,01	Consumo humano y uso doméstico
P-191	La Florida	Hato Corozal	El Lambure	941000	1139094	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-192	La Florida	Hato Corozal	Esperanza en Cristo	939604	1140481	ND	1,25	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-194	La Florida	Hato Corozal	El Tronco	939432	1142455	1,24	ND	Pecuario
P-195	La Florida	Hato Corozal	El Tronco	940790	1140627	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-196	Berlín	Hato Corozal	Escuela Berlín	926285	1153983	ND	ND	Abastecimiento público

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-197	Berlín	Hato Corozal	Sin información	925533	1153995	ND	ND	Sin información
P-198	Berlín	Hato Corozal	Los Delirios	926403	1154184	4,68	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-199	Berlín	Hato Corozal	Los Delirios	926406	1154181	4,55	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-200	Berlín	Hato Corozal	Los Delirios	926292	1153947	ND	No se usa	No se usa
P-203	Berlín	Hato Corozal	La Capilla	927570	1153903	ND	0,0034	Consumo humano y uso doméstico
P-204	Berlín	Hato Corozal	Sin información	927775	1154685	+0,12 por encima	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-205	Berlín	Hato Corozal	La Fortuna	928788	1156094	1,3	ND	Sin información
P-206	Berlín	Hato Corozal	La Fortuna	928762	1156017	+0,46 por encima	ND	Pecuario
P-207	Berlín	Hato Corozal	Rancho Zeta	928842	1154713	0,07	0,0011	Consumo humano y uso doméstico
P-208	Berlín	Hato Corozal	Sin información	929296	1154014	+0,5 *	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-209	Berlín	Hato Corozal	Sin información	927727	1154926	0,25	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-210	Berlín	Hato Corozal	Matorralito	927225	1155065	3,33	ND	Pecuario
P-211	Berlín	Hato Corozal	Matorralito	927227	1155068	3,33	ND	Pecuario
P-213	Berlín	Hato Corozal	Rancho JB	927166	1152971	ND	0,0046	Pecuario
P-215	Berlín	Hato Corozal	Rancho JB	927153	1153184	ND	0,017	Consumo humano y uso doméstico
P-216	Berlín	Hato Corozal	Sin información	926885	1152535	+0,15 *	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-217	Berlín	Hato Corozal	Manaure	926636	1152456	0,62	0,77	Consumo humano y uso doméstico
P-218	Berlín	Hato Corozal	Rancho Zeta	927873	1154054	0,97	0,4	Pecuario
P-220	Berlín	Hato Corozal	Betania	928390	1153848	0,36	ND	Pecuario
P-221	Berlín	Hato Corozal	Betania	928419	1153849	ND	ND	Pecuario

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-222	Berlín	Hato Corozal	Betania	928565	1153890	+0,70 *	0,8	Pecuario
P-223	Berlín	Hato Corozal	La Amapora	928728	1153427	+0,40 *	1,17	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-224	Berlín	Hato Corozal	La Amapora	928751	1153414	0,5	ND	Pecuario
P-227	Berlín	Hato Corozal	Acapulco	929253	1153545	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-228	Berlín	Hato Corozal	Acapulco	929188	1153508	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-229	Berlín	Hato Corozal	La Rubiera	929096	1152904	ND	1000 litros diarios	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-230	Berlín	Hato Corozal	La Rubiera	929330	1152765	1,28	1000 litros diarios	Pecuario
P-231	Berlín	Hato Corozal	La Ilusión	928628	1152286	ND	ND	Consumo humano y pecuario
P-232	Berlín	Hato Corozal	La Ilusión	928791	1152351	ND	500 litros diarios	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-233	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Shell	924541	1153585	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-234	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Shell	929549	1153517	ND	ND	Uso doméstico y pecuario
P-235	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Shell	930562	1152839	ND	1,1	Pecuario
P-236	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Moscú	932074	1155114	2,78	1	Consumo humano y uso doméstico
P-238	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Sin informaci ón	936343	1153633	ND	No se usa	No se usa
P-239	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Los Altares	935812	1152715	ND	0,4	Consumo humano
P-240	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Los Altares	935820	1152751	ND	ND	Uso doméstico.
P-242	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Sarare	936315	1151833	ND	0,4	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-244	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Libertad	937432	1152171	1,4	300 litros cada dia	Uso doméstico y pecuario
P-246	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Indio	943226	1150301	ND	1,1	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-247	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Reforma	945405	1150829	1	0,9	Consumo humano, uso doméstico y pecuario

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-248	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Reforma	945437	1150781	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-249	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Miralindo	942419	1150633	0,91	1	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-250	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Miralindo	942425	1150640	ND	ND	Sin información
P-251	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Macondo	938674	1152935	ND	ND	Sin información
P-252	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Macondo	938695	1152930	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-254	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Santo Domingo II	939915	1151515	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-255	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Los Alpes	937858	1154331	0,45	1,7	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-256	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Los Trompillos	939635	1155070	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-257	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Recuerdo	943103	1154677	ND	1,15	Consumo humano y uso doméstico
P-258	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Madroño	945235	1155919	ND	0,8	pecuario
P-259	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Madroño	945081	1155617	ND	0,95	Consumo humano y uso doméstico
P-260	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Madroño	945077	1155628	1,72	ND	Sin información
P-261	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Fontibon	937729	1154747	1,38	0,74	Consumo humano y uso doméstico
P-262	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Fontibon	937730	1154752	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-263	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Fontibon	937686	1154746	ND	1,28	Pecuario
P-264	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Los Angelitos	939362	1155169	ND	0,83	Consumo humano y uso doméstico
P-265	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	San Miguel	940824	1155669	ND	1,9	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-266	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	San Miguel	940838	1155713	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-267	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Palma	941429	1156544	1,85	ND	Sin información
P-268	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Amparo	938784	1155152	ND	1,41	Consumo humano, uso doméstico y pecuario

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-270	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Ocaso	937684	1156106	0,63	0,31	Consumo humano y uso doméstico
P-271	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Araguaney	935367	1155827	ND	200 litros diarios	Consumo humano
P-273	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Las Brucelas	934651	1156102	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-274	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Las Brucelas	934659	1156093	1,38	0,36	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-275	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Sin información	934304	1156310	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-276	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Sin información	933638	1156412	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-277	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Mastranto	937329	1153789	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-278	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Mastranto	937320	1153794	2,49	0,51	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-279	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Mastranto	937320	1153732	2,37	ND	Pecuario
P-280	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Mastranto	937348	1153772	2,28	ND	Sin información
P-281	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Mastranto	937339	1153753	2,42	ND	Sin información
P-282	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Escuela Santa María	937370	1153808	2,2	0,29	Consumo humano y uso doméstico
P-283	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Primavera	947945	1153090	+0,19 *	ND	Pecuario
P-284	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Primavera	947941	1153092	+0,19 *	ND	Pecuario
P-285	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Primavera	951609	1151935	0,72	0,18	Pecuario
P-286	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Primavera	950774	1152529	1,33	1,86	Pecuario
P-288	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Primavera	948243	1152039	0,39	ND	Sin información
P-289	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Esperancita	946791	1152899	0,22	1,2	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-290	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Esperancita	946765	1152901	+0,05 *	ND	Pecuario
P-292	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Villanueva	948870	1150013	ND	1,46	Consumo humano y uso doméstico

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-294	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Sinaruco	948879	1150807	0,42	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-295	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Sinaruco	948850	1150836	ND	1,7	Consumo humano y uso doméstico
P-296	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	La Esperanza	945145	1152036	ND	1,5	Consumo humano y uso doméstico
P-297	Matapalito	Hato Corozal	El Triunfo	947135	1154583	ND	ND	Pecuario?
P-298	Matapalito	Hato Corozal	Penjamo	951498	1155767	ND	300 litros diarios	Consumo humano
P-299	Matapalito	Hato Corozal	Penjamo	951566	1155722	0,87	1,59	Uso doméstico y pecuario
P-300	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Triunfo	949316	1154997	1,97	ND	Sin información
P-301	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Triunfo	949351	1155020	ND	ND	Sin información
P-302	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	El Conuco	949053	1156342	2,37	1,05	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-303	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Moscú	932691	1154254	+0,20 *	0,115	Pecuario?
P-305	Santa Teresa	Hato Corozal	La Palestina	944558	1149740	ND	1000 litros diarios	Consumo humano y uso doméstico
P-306	Santa Teresa	Hato Corozal	Mapurito	939679	1148661	1,67	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-307	Santa Teresa	Hato Corozal	Mapurito	939673	1148650	1,62	No se usa	Sin información
P-308	Santa Teresa	Hato Corozal	Mapurito	939672	1148647	ND	0,27	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-310	Santa Teresa	Hato Corozal	Rosa Blanca	938713	1149237	1,56	0,56	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-312	Santa Teresa	Hato Corozal	Rosa Blanca	938641	1149182	ND	ND	Sin información
P-313	Santa Teresa	Hato Corozal	Chapinero	936109	1148882	ND	1,36	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-314	Santa Teresa	Hato Corozal	La Cabaña	935388	1148866	1,18	ND	Pecuario
P-315	Santa Teresa	Hato Corozal	La Cabaña	934552	1148633	2,11	0,34	Uso doméstico
P-316	Santa Teresa	Hato Corozal	La Cabaña	934571	1148633	ND	ND	Sin información

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-318	Santa Teresa	Hato Corozal	La Cabaña	934549	1148654	1,98	0,7	Consumo humano
P-319	Santa Teresa	Hato Corozal	El Vergel	934249	1148940	2,2	0,51	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-321	Santa Teresa	Hato Corozal	El Vergel	934009	1149071	0	ND	Pecuario
P-322	El Oso	Hato Corozal	Jetsemani	963581	1147328	1,22 (nivel dinámi	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-323	El Oso	Hato Corozal	Buenos Aires	962583	1146228	1,59	1	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-324	El Oso	Hato Corozal	Buenos Aires	962515	1146273	2	1,06	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-325	El Oso	Hato Corozal	El Pescador	960994	1146336	2,41	1,3	Consumo humano y uso doméstico
P-326	El Oso	Hato Corozal	Valbuena	960232	1146234	1,42	ND	Sin información
P-327	El Oso	Hato Corozal	Santa Cruz	959804	1145208	ND	ND	Sin información
P-328	El Oso	Hato Corozal	El Binomio	958789	1144554	1,27	1,1	Consumo humano y uso doméstico
P-329	Berlín	Hato Corozal	El Palmarito	927524	1151584	3,31	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-330	Berlín	Hato Corozal	El Guandul	927738	1152127	ND	ND	Sin información
P-332	Berlín	Hato Corozal	Valle Escondido	926289	1151639	2,73	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-334	Cañadotes	Paz de Ariporo	Lagunazo	947925	1137271	2,21	No se usa	No se usa
P-335	Cañadotes	Paz de Ariporo	La Ponderosa	947324	1137532	ND	No se usa	No se usa
P-336	Cañadotes	Paz de Ariporo	La Ponderosa	947311	1137497	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-337	Cañadotes	Paz de Ariporo	La Ponderosa	946595	1137541	ND	ND	Pecuario
P-338	Cañadotes	Paz de Ariporo	Matapalito	944305	1137028	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-339	Cañadotes	Paz de Ariporo	San Felipe	946403	1137260	ND	ND	Uso doméstico y pecuario
P-340	Cañadotes	Paz de Ariporo	Lagunita	944604	1137102	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario,

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-341	Cañadotes	Paz de Ariporo	Lagunita	944605	1137099	ND	No se usa	No se usa
P-342	Cañadotes	Paz de Ariporo	Siria	944847	1139041	ND	0,7	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-343	Cañadotes	Paz de Ariporo	Siria	944848	1139045	0,69	No se usa	No se usa
P-344	Cañadotes	Paz de Ariporo	Siria	944871	1139094	1,6	No se usa	No se usa
P-345	Cañadotes	Paz de Ariporo	Los Alpes	944769	1138776	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-346	Cañadotes	Paz de Ariporo	Mapurita	944844	1138611	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-347	Cañadotes	Paz de Ariporo	Mapurita	944845	1138645	ND	No se usa	No se usa
P-348	Cañadotes	Paz de Ariporo	Mapurita	945162	1138515	ND	ND	Pecuario
P-349	Cañadotes	Paz de Ariporo	Santa Isabel	944265	1138738	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-350	Cañadotes	Paz de Ariporo	La Atravesada	944419	1138283	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-351	Cañadotes	Paz de Ariporo	El Porvenir	944386	1137966	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-352	Cañadotes	Paz de Ariporo	La Porfia	945459	1139084	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-353	Cañadotes	Paz de Ariporo	Sin información	945152	1139154	ND	ND	Sin información
P-354	Cañadotes	Paz de Ariporo	Villa Matilde	945300	1138923	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-355	Cañadotes	Paz de Ariporo	Sin información	945213	1138837	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-356	Cañadotes	Paz de Ariporo	El Rubi	945461	1138614	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-357	Cañadotes	Paz de Ariporo	El Rubi	945431	1138661	ND	0,3	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-358	Cañadotes	Paz de Ariporo	El Guamito	945763	1138753	ND	0,3	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-359	Cañadotes	Paz de Ariporo	El Desafio	945329	1138204	2,96	0,5	Consumo humano y uso doméstico
P-360	Cañadotes	Paz de Ariporo	Birmania	945324	1138042	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-361	Cañadotes	Paz de Ariporo	El Jordan	945452	1137537	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-362	Cañadotes	Paz de Ariporo	Colegio Cañadotes	945468	1137461	1,73	ND	Abastecimiento Público
P-363	Cañadotes	Paz de Ariporo	Colegio Cañadotes	945467	1137461	ND	ND	Abastecimiento Público
P-364	Cañadotes	Paz de Ariporo	Las Circacias	945533	1137508	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-365	Cañadotes	Paz de Ariporo	Las Circacias	945530	1137500	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-366	Cañadotes	Paz de Ariporo	El Silencio	943497	1137054	ND	2	Consumo humano y uso doméstico
P-367	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	La Cantaleta	943624	1137827	1,68	0,9	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-369	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	El Brillante	943973	1138568	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-370	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	Acarigua	943687	1138677	2,84	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-372	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	Mira Mar	943403	1138692	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-373	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	Mira Mar	943368	1138695	ND	No se usa	Consumo humano y uso doméstico
P-374	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	Las Delicias	942824	1138803	ND	No se usa	Consumo humano y uso doméstico
P-375	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	Las Tres Palmas	942778	1138799	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-376	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	El Jubito	942673	1138714	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-377	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	Piñalito	942779	1138992	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-378	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	El Copey	942396	1139278	1,53 (nivel dinámi	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-379	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	El Bambu	941763	1138961	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-380	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	Tienda El Oasis	942229	1138038	ND	ND	pecuario
P-381	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	La Negra	942343	1137765	2,16 (nivel dinámi	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-382	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	Acueducto veredal Rincón	942127	1138040	1,14	4	Abastecimiento Público

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-384	Elvecia	Paz de Ariporo	Villavicencio	932632	1135672	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-386	Elvecia	Paz de Ariporo	Candilejas	932496	1136085	ND	0,6	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-388	Elvecia	Paz de Ariporo	La Porfia	932863	1135538	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-392	Elvecia	Paz de Ariporo	Los Cedritos	933148	1135442	3,6	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-394	Elvecia	Paz de Ariporo	Iglesia Pentecostal	933065	1135423	3,19	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-395	Elvecia	Paz de Ariporo	Acueducto Veredal	933218	1134992	2,18	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-396	Elvecia	Paz de Ariporo	Managua	933304	1134362	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-398	Elvecia	Paz de Ariporo	Managua	933316	1134363	2,88	No se usa	No se usa
P-400	Elvecia	Paz de Ariporo	La Esmeralda	933316	1134828	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-402	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	Rancho Loco	941564	1137697	2,36	ND	Pecuario
P-404	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	Bellavista	941720	1137234	ND	0,5	Consumo humano y uso doméstico
P-406	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	La Bendición	941185	1136545	1,89	ND	Uso doméstico
P-407	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	La Bendición	940576	1136765	1,6 (nivel dinámi	ND	Pecuario
P-408	Rincón Hondo	Paz de Ariporo	La Libertad	939644	1136233	1,43	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-410	Elvecia	Paz de Ariporo	El Progreso	938667	1135574	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-411	Labrancitas	Paz de Ariporo	La Española	926694	1128290	ND	0,3	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-412	Labrancitas	Paz de Ariporo	La Española	926725	1128340	2,22	No se usa	Consumo humano y uso doméstico
P-414	Labrancitas	Paz de Ariporo	La Española	926667	1128240	3,21	No se usa	No se usa
P-415	Labrancitas	Paz de Ariporo	Mundo Nuevo	926022	1128111	2,04	No se usa	No se usa
P-416	Labrancitas	Paz de Ariporo	Mundo Nuevo	926018	1128115	2,57	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-417	La Libertad	Paz de Ariporo	El Progreso	938646	1127771	1,56	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-418	La Libertad	Paz de Ariporo	El Progreso	938728	1127771	ND	ND	Pecuario
P-419	La Libertad	Paz de Ariporo	El Progreso	938671	1127417	1,84 (nivel dinámi	ND	Pecuario
P-420	Elvecia	Paz de Ariporo	La Claridad	936182	1130597	1,24 (nivel dinámi	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-422	Elvecia	Paz de Ariporo	La Claridad	936124	1130650	ND	ND	Pecuario
P-423	Elvecia-Gaviotas	Paz de Ariporo	Los Pleanos	931525	1128771	2,68	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-424	Elvecia-Gaviotas	Paz de Ariporo	Los Meanos	931542	1128784	2,62	1,1	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-425	Gaviotas	Paz de Ariporo	Piña de Corozo	929387	1129917	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-426	Gaviotas	Paz de Ariporo	Agualinda	927659	1129878	ND	0,5	Consumo humano y uso doméstico
P-427	Gaviotas	Paz de Ariporo	Agualinda	927695	1129886	1,84	0,3	Consumo humano y uso doméstico
P-428	Gaviotas	Paz de Ariporo	Santropel	927647	1131179	2,9	0,5	Uso doméstico
P-429	Gaviotas	Paz de Ariporo	Santropel	927666	1131209	2,35	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-430	Gaviotas	Paz de Ariporo	Santropel	927632	1131237	ND	ND	Pecuario
P-431	Las Mercedes	Paz de Ariporo	La Maporita	956179	1140527	2,89	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-432	Las Mercedes	Paz de Ariporo	El Remiendo	958627	1141676	2,1	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-433	Las Mercedes	Paz de Ariporo	El Remiendo	958608	1141687	2,98	ND	Pecuario
P-434	Las Mercedes	Paz de Ariporo	El Espejo	956505	1140205	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-435	Las Mercedes	Paz de Ariporo	El Espejo	956481	1140203	1,98	ND	Sin información
P-436	Las Mercedes	Paz de Ariporo	Villa Tatiana	956696	1140463	1,80	ND	Consumo humano y uso doméstico,
P-437	Las Mercedes	Paz de Ariporo	Punto Nuevo	955753	1140781	1,85	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-438	Las Mercedes	Paz de Ariporo	La Venganza	955871	1140348	2,16	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-439	Las Mercedes	Paz de Ariporo	Barinas	955035	1141027	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-441	Gaviotas	Paz de Ariporo	Santa Helena	927298	1135636	+0,1 m *	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-442	Gaviotas	Paz de Ariporo	Santa Helena	927347	1135634	+0,1 m *	ND	Pecuario
P-443	Gaviotas	Paz de Ariporo	El Triunfo	926655	1135861	+0,55 *	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-444	Gaviotas	Paz de Ariporo	El Triunfo	926615	1135881	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-445	Gaviotas	Paz de Ariporo	Escuela Vereda Gaviotas	927363	1135275	+0,45 metros *	1,2	Abastecimiento Público
P-447	Gaviotas	Paz de Ariporo	Buenavista	925837	1135190	1,35	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-448	Gaviotas	Paz de Ariporo	Buenavista	925838	1135241	+0,18 m *	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-449	Gaviotas	Paz de Ariporo	Trompillitos	925709	1135232	+0,27 *	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-451	Gaviotas	Paz de Ariporo	Trompillitos	925557	1135594	+0,35 m *	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-452	Gaviotas	Paz de Ariporo	Barcelona	925962	1135105	+0,4 m *	ND	Consumo humano, uso doméstico, agricola y pecuario
P-453	Gaviotas	Paz de Ariporo	Sin información	927359	1134312	+0,33 m *	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-454	Gaviotas	Paz de Ariporo	Campo David	927817	1134195	1,36	ND	Pecuario
P-455	Gaviotas	Paz de Ariporo	Campo David	927811	1134176	+0,22 m *	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-456	Gaviotas	Paz de Ariporo	Palmeiras	927864	1134413	2,19	ND	Sin información
P-457	Gaviotas	Paz de Ariporo	Palmeiras	927860	1134413	1,96	ND	Sin información
P-459	Gaviotas	Paz de Ariporo	Palmeiras	927853	1134392	+0,17 m *	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-461	Gaviotas	Paz de Ariporo	Matapalito	929072	1136228	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-462	Gaviotas	Paz de Ariporo	Las Brisas	928353	1136306	ND	ND	Uso doméstico y pecuario

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-463	Gaviotas	Paz de Ariporo	Las Brisas	929341	1136329	ND	1	Consumo humano
P-464	Gaviotas	Paz de Ariporo	La Alegría	929598	1136220	0,69	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-465	Gaviotas	Paz de Ariporo	La Alegría	929395	1136187	0,67	ND	Sin información
P-466	Gaviotas	Paz de Ariporo	El Trompillo	929037	1136177	ND	ND	Uso doméstico
P-467	Gaviotas	Paz de Ariporo	El Trompillo	928998	1136182	0,37	ND	Consumo humano
P-468	Las Mercedes	Paz de Ariporo	El Peligro	952013	1140138	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-469	Las Mercedes	Paz de Ariporo	El Peligro	952009	1140139	ND	ND	Sin información
P-471	Las Mercedes	Paz de Ariporo	Las Mercedes	951134	1139604	ND	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-472	Las Mercedes	Paz de Ariporo	Las Mercedes	951129	1139557	2,58	ND	Agrícola
P-474	Las Mercedes	Paz de Ariporo	San Amalia	950561	1138994	2,32	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-476	Las Mercedes	Paz de Ariporo	San Amalia	950588	1138060	2,2	ND	Sin información
P-477	Gaviotas	Paz de Ariporo	Cascabel	928827	1135112	ND	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-479	Gaviotas	Paz de Ariporo	Buenos Aires	928999	1135079	0,35 m *	ND	Pecuario
P-480	Gaviotas	Paz de Ariporo	Buenos Aires	929013	1135064	+0,44 * del suelo	ND	Consumo humano y uso doméstico
P-481	Gaviotas	Paz de Ariporo	El Chimborazo	929008	1135225	ND	0,558	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-482	Gaviotas	Paz de Ariporo	El Chimborazo	928984	1135108	+0,18 m *	ND	Consumo humano
P-483	Las Mercedes	Hato Corozal	Finca Miramar	923917	1151700	ND	No se usa	No se usa
P-484	Las Mercedes	Hato Corozal	Los Angeles	923840	1153551	ND	0,18	Pecuario
P-485	Las Mercedes	Hato Corozal	Los Angeles	923505	1154094	6,54	ND	No se usa
P-486	Las Mercedes	Hato Corozal	Los Angeles	924280	1152637	ND	0,55	Consumo humano, uso doméstico y pecuario

II

Pozos II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
P-489	San José de Ariporo	Hato Corozal	Yopalitos	924584	1149259	2,3	0,6	Consumo humano y uso doméstico
P-492	San José de Ariporo	Hato Corozal	El reflejo	922468	1144287	ND	No se usa	No se usa
P-494	San José de Ariporo	Hato Corozal	El reflejo	922715	1143818	ND	3	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-495	San José de Ariporo	Hato Corozal	Valledupar 1	921275	1143651	0	0,1	Consumo humano y uso doméstico
P-496	San José de Ariporo	Hato Corozal	El trampillo	921980	1143134	ND	ND	No se usa
P-497	San José de Ariporo	Hato Corozal	La veremos	922229	1142452	ND	0,71	Abrevadero de Ganado
P-498	La Esperanza	Paz de Ariporo	La Esperanza	924444	1138567	0	0,6	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-499	La Esperanza	Paz de Ariporo	Las Villas	925077	1138416	ND	0,5	Consumo humano y uso doméstico
P-500	La Esperanza	Paz de Ariporo	Villa Isabel	925031	1138321	0	ND	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-501	La Esperanza	Hato Corozal	La esperanza	925853	1138124	ND	ND	No se usa
P-502	La Esperanza	Paz de Ariporo	El Cairo	925283	1138348	ND	0,5	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-503	Labrancitas	Paz de Ariporo	La Carpeta	923825	1130708	ND	1.32	Consumo humano, uso doméstico, agrícola y pecuario

II

Aljibes II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
A-002	La Florida	Hato Corozal	Campo Alegre	939760	1139896	1,69	No se usa	Abandonado
A-005	La Florida	Hato Corozal	Las Acacias	937345	1139507	1,41	1,16	Uso doméstico
A-008	La Argentina	Hato Corozal	El Ombligo	933288	1145688	No se pudo medir	No se usa	No se usa
A-011	La Argentina	Hato Corozal	Escuela Simón Bolívar	929172	1139571	No se pudo medir	No se usa	No se usa
A-024	La Argentina	Hato Corozal	Chaparral	933083	1138989	1,59	No se usa	No se usa
A-029	La Argentina	Hato Corozal	Mataguarito	933779	1136395	2,17	No se usa	pecuario
A-037	La Argentina	Hato Corozal	Laguna de Junco	930841	1137216	1,32	No se usa	No se usa
A-042	La Argentina	Hato Corozal	El Ocaso	934039	1144539	1,66	No se usa	No se usa
A-043	La Argentina	Hato Corozal	El Ocaso	934094	1144556	No se pudo medir	No se usa	No se usa
A-049	La Argentina	Hato Corozal	La Bonanza	932689	1140511	3,11	Desconocido	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
A-053	La Argentina	Hato Corozal	La Gloria	929599	1139042	1,25	Desconocido	Uso doméstico y pecuario
A-055	La Argentina	Hato Corozal	La Gloria	929590	1138979	1,75	No se usa	Abandonado
A-076	La Argentina	Hato Corozal	El Milagro	931176	1138744	No se pudo medir	No se usa	No se usa
A-084	La Chapa	Hato Corozal	La Bendición	951348	1143188	1,2	No se usa	pecuario
A-092	La Chapa	Hato Corozal	Amparo	944335	1142163	0	No se usa	No se usa
A-093	La Chapa	Hato Corozal	Amparo	949274	1142186	1,47	No se usa	pecuario
A-098	La Chapa	Hato Corozal	La Piragua	945630	1147474	0,82	No se usa	Abandonado
A-102	La Chapa	Hato Corozal	Atamaica	944700	1145213	1,32	No se usa	No se usa
A-105	La Chapa	Hato Corozal	Palmarrala	947441	1143955	1,4	0,05	pecuario
A-112	La Chapa	Hato Corozal	La Arenosa	949004	1147110	1,6	No se usa	No se usa
A-128	La Chapa	Hato Corozal	El Cristal	956029	1145714	1,47	No se usa	No se usa
A-137	La Chapa	Hato Corozal	Bellavista	953519	1147018	1,53	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-142	La Chapa	Hato Corozal	La Sultana	952047	1145360	1,2	No se usa	No se usa
A-148	La Chapa	Hato Corozal	Colegio La Chapa	951710	1143694	0,78	No se usa	No se usa
A-152	Matapalito	Hato Corozal	Agua Verde	957494	1153306	1,66	No se usa	No se usa
A-157	Matapalito	Hato Corozal	La Laguna	959224	1149026	1,91	No se usa	No se usa
A-174	Santa Teresa	Hato Corozal	Santa Teresa	929606	1150962	1,59	No se usa	No se usa
A-179	Santa Teresa	Hato Corozal	Escuela Santa Teresa	929280	1150943	No se pudo medir	No se usa	No se usa

II

Aljibes II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
A-182	Santa Teresa	Hato Corozal	La Realidad	931449	1149825	2,5	0,3	Uso doméstico
A-184	Santa Teresa	Hato Corozal	Palmira	932992	1149160	2,19	No se usa	No se usa
A-188	La Florida	Hato Corozal	Los Esteros	940972	1140291	1,2	0,0014	Uso doméstico
A-212	Berlín	Hato Corozal	Matorralito	927227	1155077	1,09	0,016	Consumo humano y uso doméstico
A-214	Berlín	Hato Corozal	Rancho JB	927162	1152967	1,26	Desconocido	Sin información
A-219	Berlín	Hato Corozal	Betania	928373	1153851	0,23	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-226	Berlín	Hato Corozal	Acapulco	929241	1153554	0,73	4000 litros diarios en verano	pecuario
A-237	Santa María de Chire	Hato Corozal	Moscú	932076	1155114	2,82	1000 litros diarios	Consumo humano y uso doméstico
A-241	Santa María de Chire	Hato Corozal	Los Altares	935810	1152753	1,27	Desconocido	Sin información
A-243	Santa María de Chire	Hato Corozal	La Libertad	937429	1152180	1,16	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-245	Santa María de Chire	Hato Corozal	El Indio	943229	1150304	1,41	No se usa	No se usa
A-253	Santa María de Chire	Hato Corozal	Macondo	938677	1152930	2,17	Desconocido	Sin información
A-269	Santa María de Chire	Hato Corozal	El Ocaso	937708	1156073	2,33	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-272	Santa María de Chire	Hato Corozal	El Araguaney	935376	1155805	4,26	0,31	Uso doméstico
A-287	Santa María de Chire	Hato Corozal	La Primavera	948236	1152029	2,18	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-291	Santa María de Chire	Hato Corozal	Villanueva	948888	1150068	1,1	200 litros diarios	pecuario
A-293	Santa Maria de Chire	Hato Corozal	Sinaruco	948878	1150808	1,23	No se usa	No se usa
A-304	Santa Teresa	Hato Corozal	Capuriche	942274	1149463	1,45	600 litros al día	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
A-309	Santa Teresa	Hato Corozal	Mapurito	939636	1148653	2,33	Desconocido	Sin información
A-311	Santa Teresa	Hato Corozal	Rosa Blanca	938715	1149243	No se pudo medir	No se usa	No se usa
A-317	Santa Teresa	Hato Corozal	La Cabaña	934549	1148648	No se pudo medir	No se usa	No se usa
A-320	Santa Teresa	Hato Corozal	El Vergel	934274	1148855	1,25	0,1	pecuario
A-331	Berlín	Hato Corozal	Valle Escondido	926291	1151653	2,11	Desconocido	Uso doméstico
A-333	Cañadotes	Paz Ariporo	Lagunazo	947926	1137274	1,62	Desconocido	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
A-368	Rincón Hondo	Paz Ariporo	La Cantaleta	943630	1137808	1,6	Desconocido	pecuario
A-371	Rincón Hondo	Paz Ariporo	Acarigua	943685	1138683	3,07	No se usa	No se usa
A-383	Rincón Hondo	Paz Ariporo	Frente del acueducto	942155	1138082	1,26	No se usa	No se usa

II

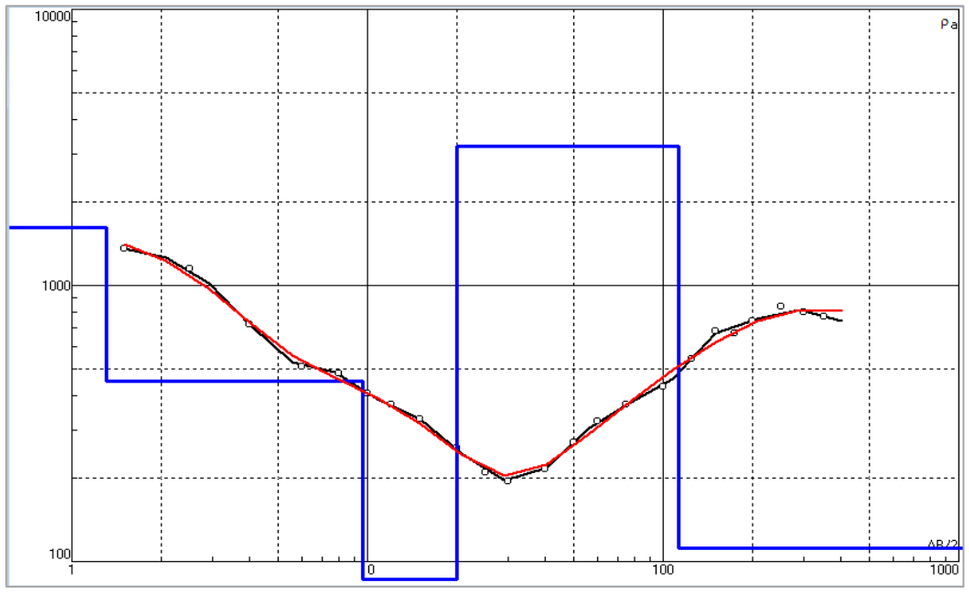
Aljibes II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
A-385	Elvecia	Paz Ariporo	Villavicencio	932637	1135674	4,13	Desconocido	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
A-387	Elvecia	Paz Ariporo	La Palmita	933053	1135786	2,95	2000 litros diarios	Consumo humano y uso doméstico
A-389	Elvecia	Paz Ariporo	La Libertad	932975	1135470	3,34	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-390	Elvecia	Paz Ariporo	Buenos Aires	933025	1135528	2,83	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-391	Elvecia	Paz Ariporo	La Camelias	933138	1135430	3,2	Desconocido	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
A-393	Elvecia	Paz Ariporo	Iglesia Pentecostal	933063	1135422	2,72	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-397	Elvecia	Paz Ariporo	Managua	933307	1134358	2,85	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-399	Elvecia	Paz Ariporo	El Porvenir	933242	1134791	2,76	Desconocido	Uso doméstico
A-401	Elvecia	Paz Ariporo	La Esmeralda	933311	1134824	3,07	No se usa	No se usa
A-403	Rincón Hondo	Paz Ariporo	Rancho Loco	941562	1137713	1,27	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-405	Rincón Hondo	Paz Ariporo	La Bendición	941179	1136542	1,42	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-409	Rincón Hondo	Paz Ariporo	La Libertad	939632	1136248	2	No se usa	Consumo humano y uso doméstico
A-413	Labrancitas	Paz Ariporo	La Española	926724	1128348	2,9	No se usa	No se usa
A-421	Elvecia	Paz Ariporo	La Claridad	936236	1130539	1,57	No se usa	No se usa
A-440	Gaviotas	Paz Ariporo	Santa Helena	927312	1135623	3,54	Desconocido	Uso doméstico
A-446	Gaviotas	Paz Ariporo	Escuela Gaviotas	927372	1135274	1,88	Desconocido	Consumo humano y uso doméstico
A-450	Gaviotas	Paz Ariporo	Trompillitos	925556	1135597	0,55	Desconocido	Sin información
A-458	Gaviotas	Paz Ariporo	La Alegría	929397	1136179	2,75	Desconocido	Uso doméstico
A-460	Gaviotas	Paz Ariporo	Palmeiras	927877	1134425	2,34	Desconocido	Uso doméstico
A-470	Las Mercedes	Paz Ariporo	El Peligro	951992	1140149	0,88	Desconocido	Sin información
A-473	Las Mercedes	Paz Ariporo	Las Mercedes	951130	1139620	1,83	Desconocido	Uso doméstico
A-475	Las Mercedes	Paz Ariporo	San Amalia	950544	1139050	2	No se usa	Sin información
A-478	Gaviotas	Paz Ariporo	Cascabel	928806	1135112	2,2	No se usa	Sin información
A-488	Santa Teresa	Hato Corozal	El Paraíso	922962	1149990	1,2	0,6	Consumo humano, doméstico y pecuario
A-490	San José de Ariporo	Hato Corozal	El paradero	924680	1145273	1,3	Desconocido	Consumo humano, uso doméstico y pecuario
P-491	San José de Ariporo	Hato Corozal	El reflejo	922469	1144288	0,5	No se usa	No se usa

II

Aljibes II								
ID	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**FINCA**	**ESTE**	**NORTE**	**NIVEL ESTATICO (m)**	**CAUDAL (l/s)**	**USO**
A-493	San José de Ariporo	Hato Corozal	La orquídea	922720	1143825	0,6	No se usa	No se usa
A-504	Labrancitas	Paz de Ariporo	La Carpeta	923792	1130691	1,15	Desconocido	Pecuario

ANEXO 3

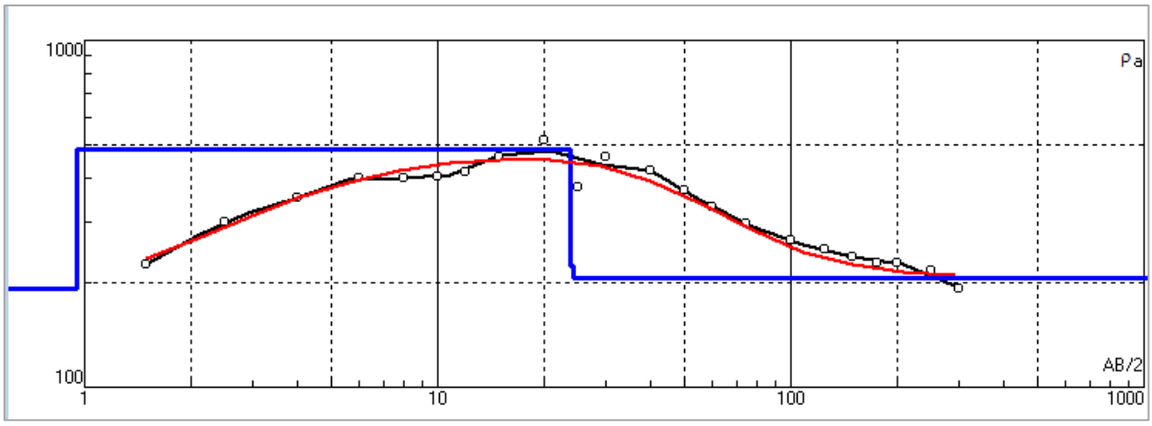
SEV01 (Ll09)



Error%= 4.56

Capa No	Zona de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	1622.0	1.31	1.310	Suelos, limos,arcillas y gravas secas
2		450.0	8.28	9.59	Suelos, limos,arcillas y gravas secas
3	Z2b	66.5	10.5	20.10	Arena media- fina, limos y arcillas sautradas
4	Z3a	3192.0	92.70	113.00	Areniscas medias a gruesas y conglomerados saturadas
5	Z4a	112	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas finas y arcillolitas

SEV02 (Ll09)

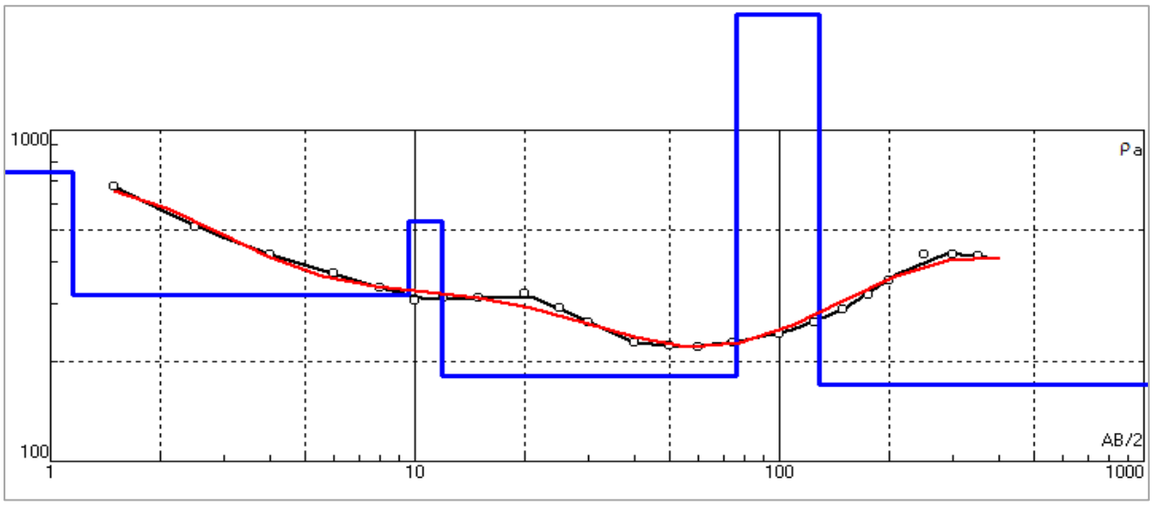


Error= 4,27%

Capa No	Zonas de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	191.0	0.95	0.952	Suelo, limos y arcillas secas
2	Z1	486.0	22.80	23.70	Suelo, limos, arcillas y arenas secas
3	Z3b	223.0	0.5	24.20	Areniscas finas y limolitas saturadas
4	Z3b	207.0	Indeterminado	Indeterminado	

ANEXO 3

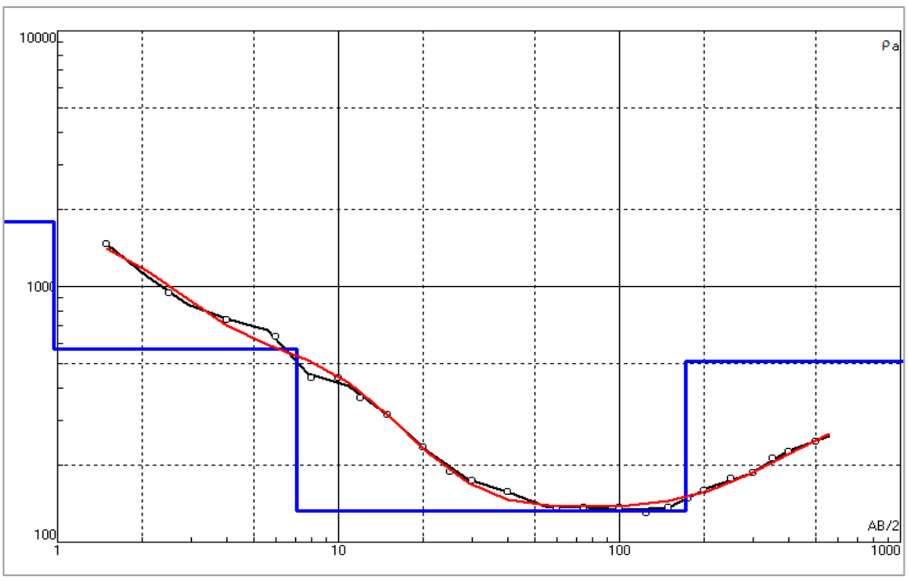
SEV03 (Ll09)



Error= 3.64%

Capa No	Zona de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	750.0	1.150	1.150	Suelos, limos, arcillas y arenas secas
2		318.0	3.37	4.52	Suelos, limos, arcillas secas
3		318.0	5.1	9.57	Suelos, limos, arcillas secas
4		530.0	2.30	11.87	Suelos, limos, arcillas y arenas secas
5	Z3b	181	64.4	76.27	Areniscas finas y limos saturados
6	Z3a	2235.0	52.40	128.67	Areniscas medias y Conglomerados saturados
7	Z3b	170.0	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas finas y limolitas saturados

SEV04 (Ll09)

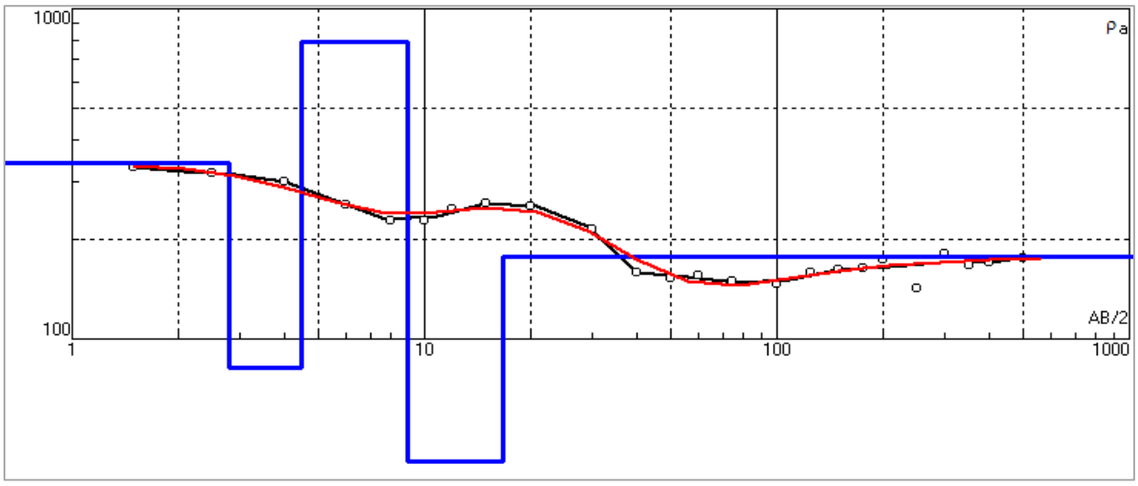


Error= 5.28%

Capa No	Zona de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	1788.0	0.969	0.969	Suelos, limos, arcillas, secas
2	Z1	571.0	6.13	7.09	
3	Z3b	133.0	165.00	172.00	Areniscas finas y limolitas saturadas
4	Z3a	509.0	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas medias y conglomeráticas

ANEXO 3

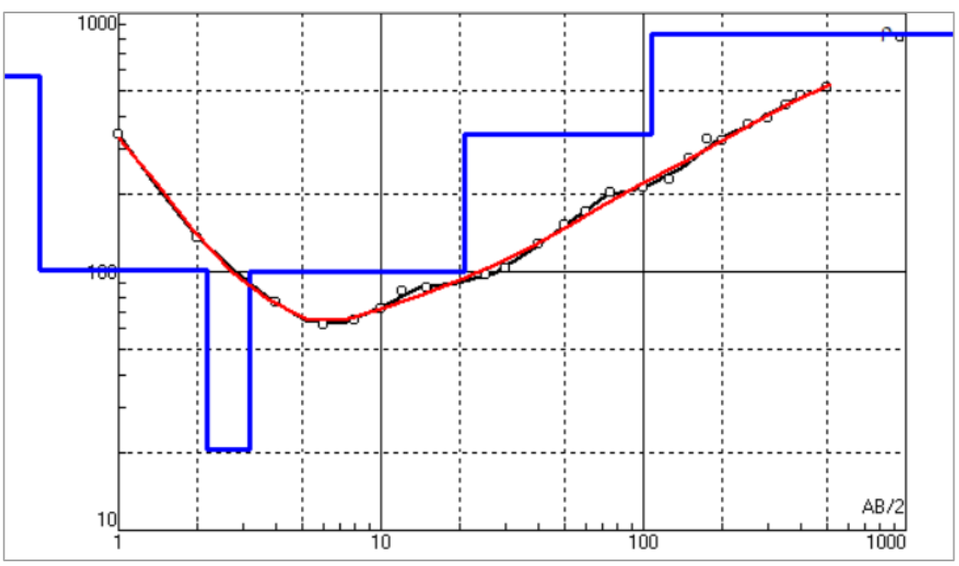
SEV05 (LI09)



Error= 3,28%

Capa No	Zona de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	340.0	2.80	2.800	Suelos, limos y arcillas secas
2		81.8	1.68	4.48	
3		797.0	4.4	8.92	
4	Z2b	42.6	7.78	16.70	Areniscas con tamaño de grano medio saturadas
5	Z3b	177	Indeterminado	Indeterminado	

SEV06 (LI09)

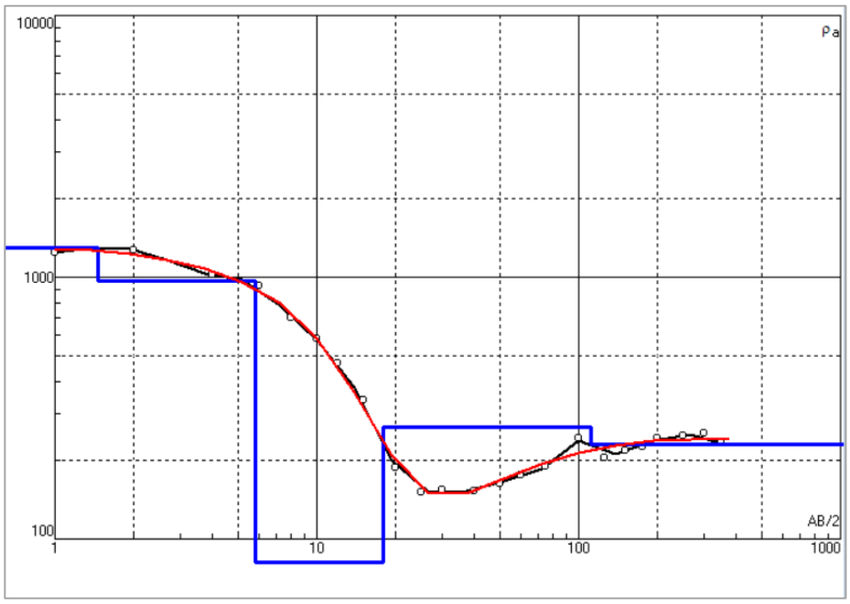


Error= 4,15%

Capa No	Zona de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	841.0	0.422	0.422	Suelos, limos y arcillas secas
2		107.0	1.75	2.17	
3	Z2b	21.6	1.1	3.22	limos y arcillas saturadas
4	Z3b	101.0	17.90	21.10	Areniscas medias-finas, limos saturados
5	Z3b	345	87.3	108.00	
6	Z3a	830.0	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas medias y conglomerática saturados

ANEXO 3

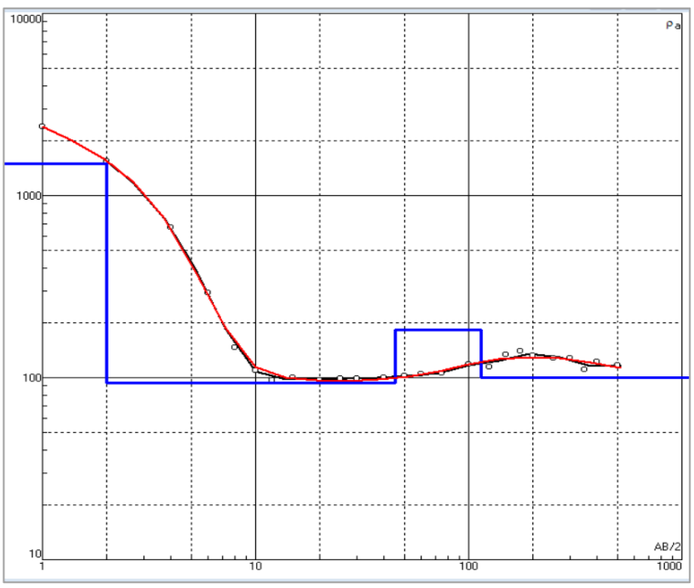
SEV07 (Ll09)



Error= 4.45%

Capa No	Zona de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	1300.0	1.45	1.450	Suelos, limos y arcillas secas
2	Z1	968.0	4.39	5.85	
3	Z2b	81.1	12.1	18.00	Arenas, limos y arcillas saturadas
4	Z3b	267.0	93.60	112.00	Areniscas Saturadas
5	Z3b	231	Indeterminado	Indeterminado	

SEV08 (Ll09)

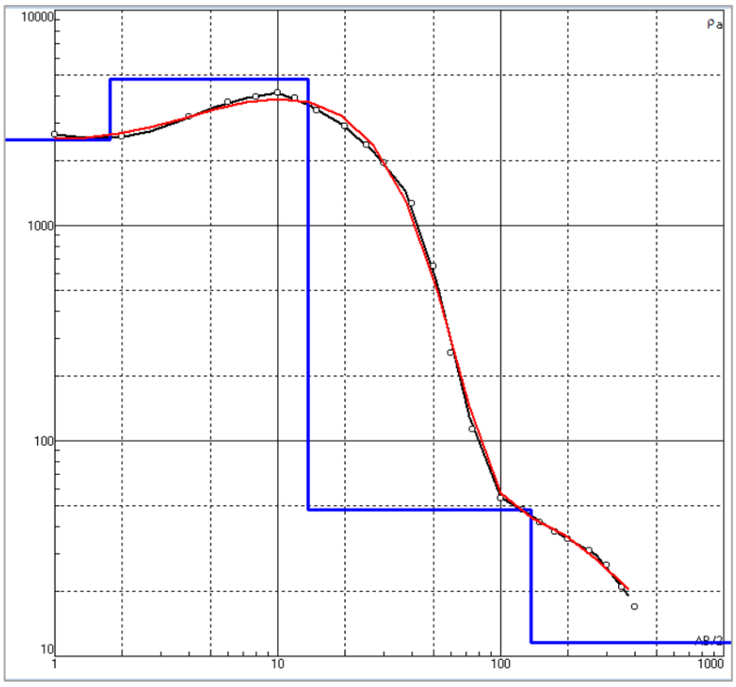


Error= 2,42%

Capa No	Zona de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	2988.0	0.55	0.550	Suelos, limos y arcillas secas
2		1493.0	1.44	1.99	
3	Z2b	93.2	43.4	45.40	Arenas finas, limos y arcillas saturadas
4	Z3b	183.0	69.40	115.00	Areniscas con tamaño de grano grueso, limos saturados
5	Z2a	101	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas, limolitas saturadas

ANEXO 3

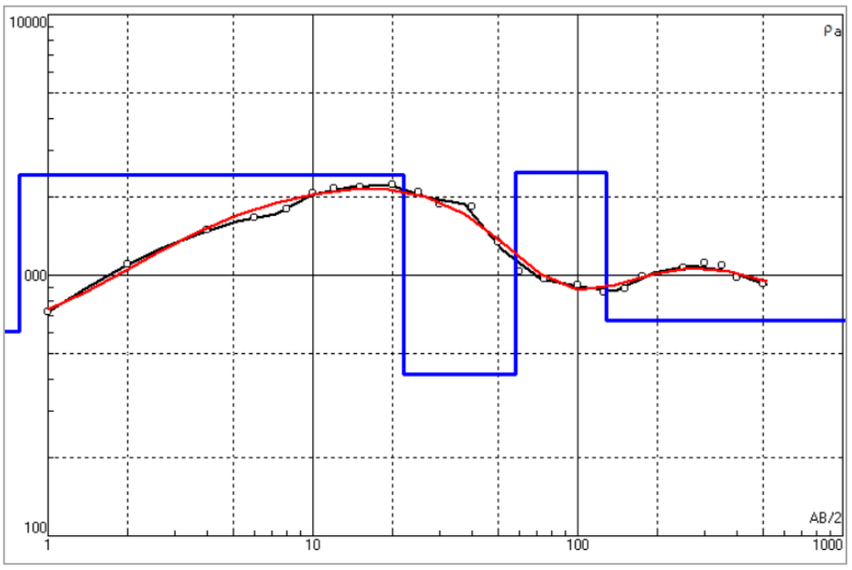
SEV09 (Ll09)



Error= 5,96%

Capa No	Zona de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	2487.0	1.76	1.760	Suelos, limos y arcillas Secas
2	Z1	4787.0	11.90	13.70	
3	ZA	47.8	123.0	137.00	Arenas finas, limos y arcillas saturadas
4	ZB	11.6	Indeterminado	Indeterminado	Arcillolitas y limolitas saturadas (compacta y saturación baja)

SEV10 (Ll09)

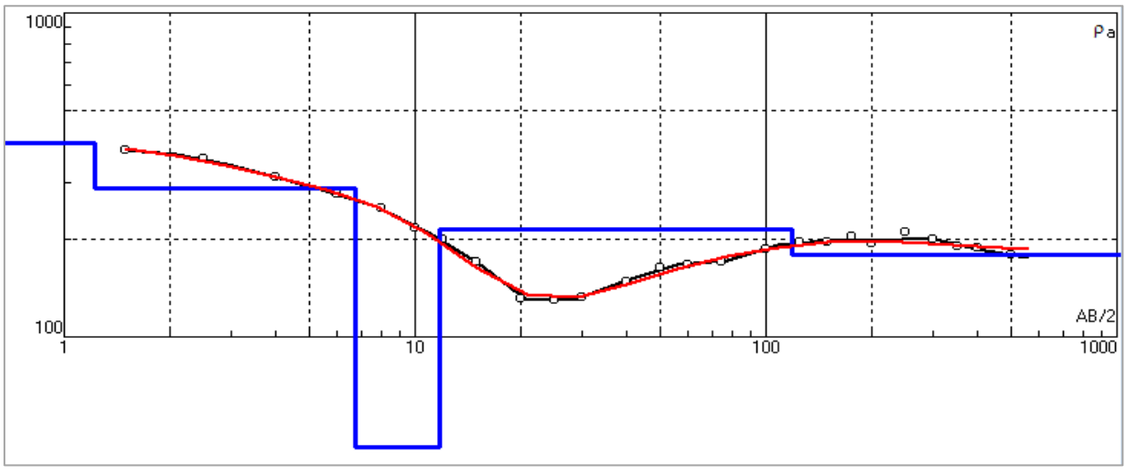


Error= 4,32%

Capa No	Zona de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	610.0	0.783	0.783	Suelos, limos y arcillas secas
2	Lente	2424.0	21.20	22.00	Lente de arena
3	Z3b	418.0	36.5	58.50	Areniscas finas y limolitas saturadas
4	Z3a	2480.0	69.70	128.00	Arenas medias y conglomeráticas saturadas
5		670	Indeterminado	Indeterminado	

ANEXO 3

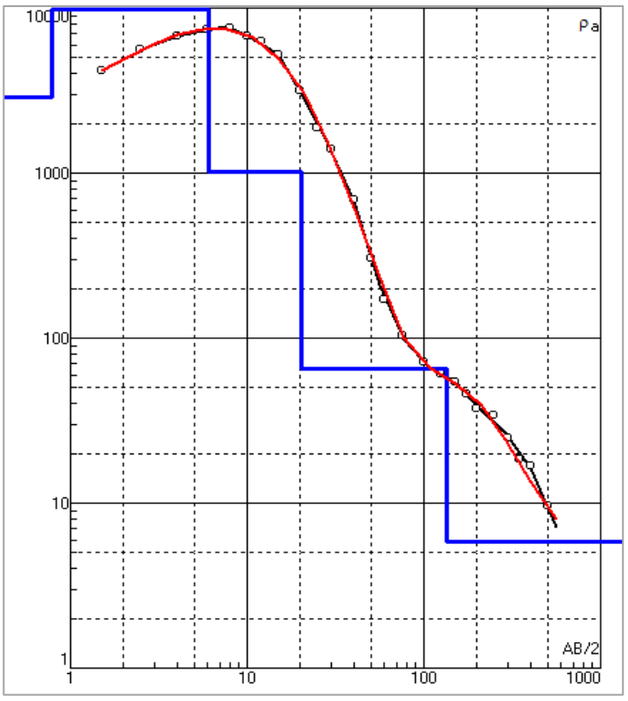
SEV11 (Ll09)



Error= 2,38%

Capa No	Zona de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	398.0	1,22	1,22	Suelos, limos y arcillas secas
2		286.0	5,55	6,77	
3	Z2b	45,8	4,99	11,8	Arenas finas Limos y arcillas saturadas
4	Z3b	215.0	107.00	119.00	Areniscas finas y limolitas saturadas
5	Z3b	179	Indeterminado	Indeterminado	

SEV12 (Ll09)

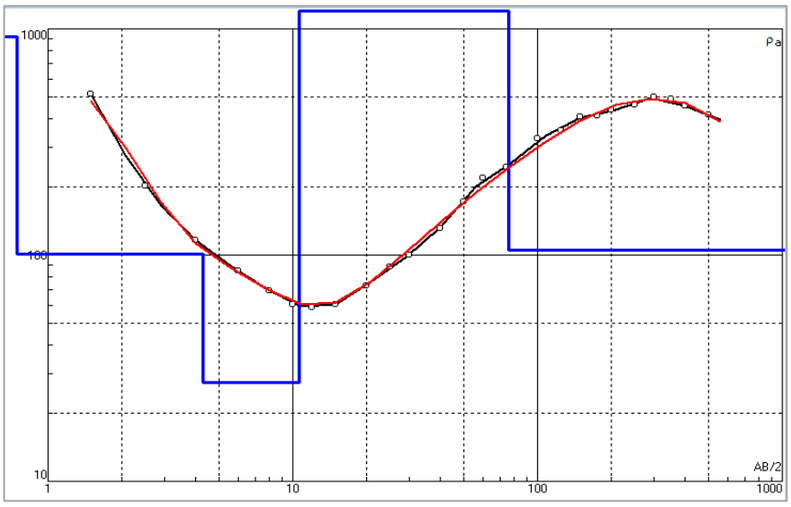


Error= 7,93%

Capa No	Zonas de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	2894.0	0,781	0,781	Suelos, limos y arcillas secas
2		11144 **	5,24	6,02	
3		1017.0	14,3	20,3	
4	ZA	65,2	114.00	135.00	Limos y arcillas, moderadamente saturada
5	ZB	5,84	Indeterminado	Indeterminado	Arcillolitas y limolitas pobremente saturadas

ANEXO 3

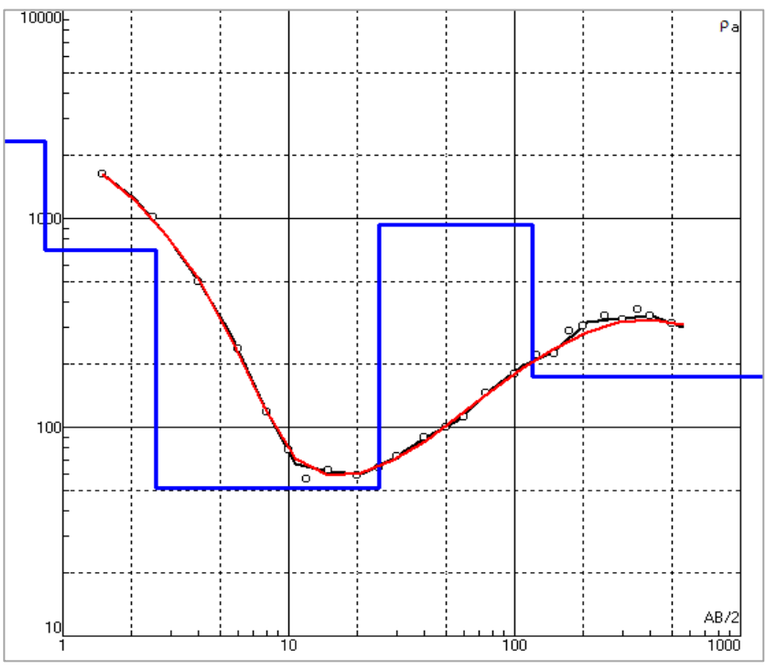
SEV13 (Ll09)



Error= 4,13%

Capa No	Zonas de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	919.0	0.75	0.750	Suelos, limos y arcillas Secas
2		101.0	3.56	4.31	
3	Z2b	27.4	6.36	10.70	Limos y arcillas saturadas
4	Z3a	2252.0	65.80	76.40	Areniscas y conglomerados saturadas
5	Z4a	105	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas de Tamaño de grano medio moderadamente saturadas

SEV14 (Ll09)

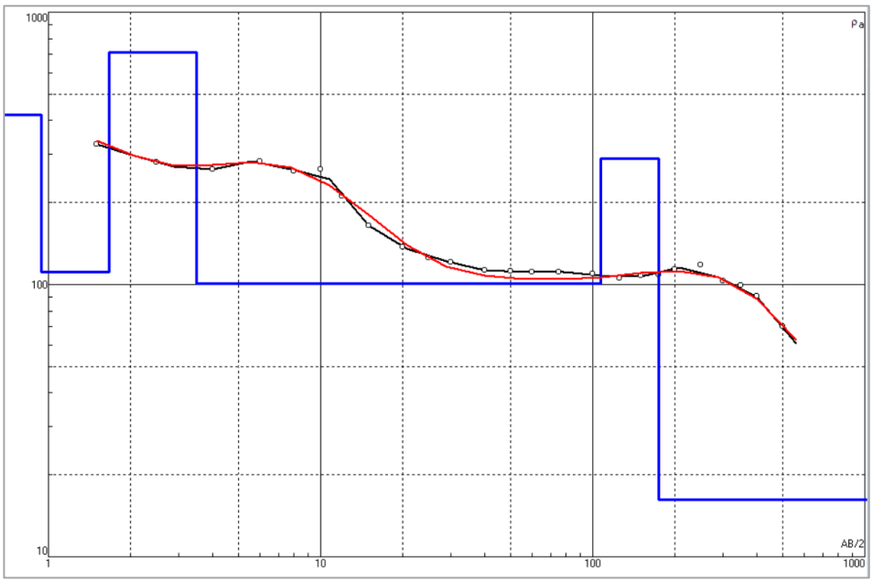


Error= 4,07%

Capa No	Zonas de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	2336.0	0.832	0.832	Suelos, limos y arcillas secas
2		702.0	1.75	2.58	
3	Z2b	50.9	22.4	25.00	Arenas finas, arcillas y limos saturados
4	Z3a	939.0	94.90	120.00	Areniscas medias y Conglomerados saturados
5	Z3b	175.0	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas finas y limolitas saturadas

ANEXO 3

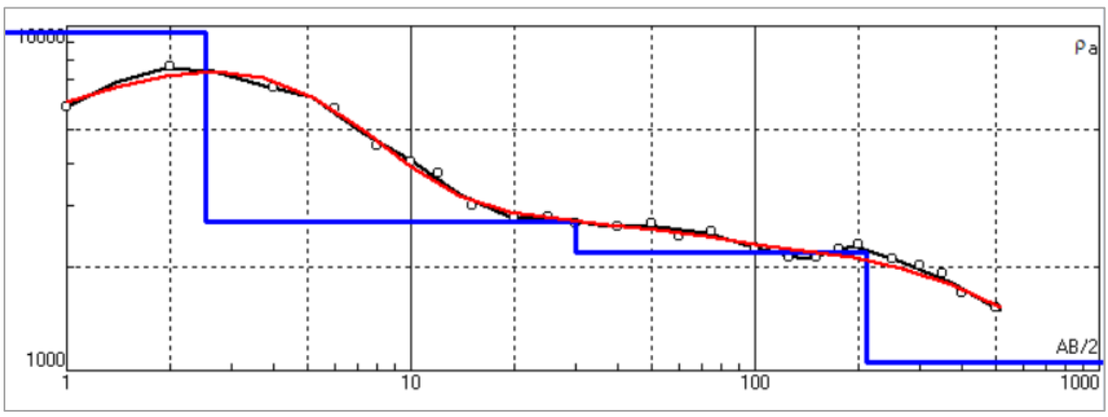
SEV15 (Ll09)



Error: 4 %

Capa No	Zonas de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	420.0	0.942	0.942	Suelos, limos y arcillas
2		111.0	0.733	1.67	
3		712.0	1.83	3.5	
4	Z2b	101.0	104.00	107.00	Arenas medias, limos y arcillas saturadas
5	Z3b	290	67.8	175.00	Areniscas finas y limolitas saturadas
6	Z4b	16.2	Indeterminado	Indeterminado	Limolitas y arcillolitas moderadamente saturadas

SEV16 (Ll09)

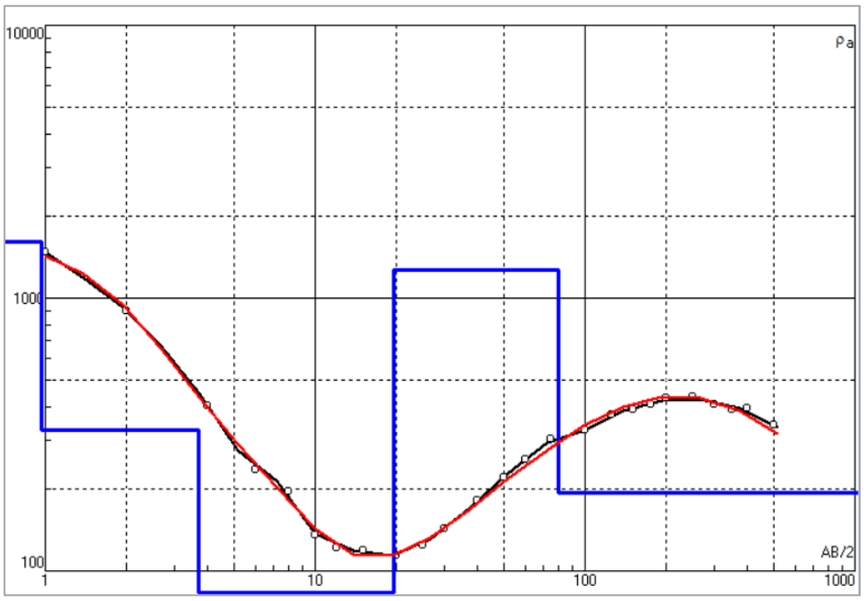


Error= 3,57%

Capa No	Zonas de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	4859.0	0.500	0.500	Suelos, limos y arcillas Secas
2		9615.0	2.030	2.53	
3	Z3a	2696.0	27.5	30.00	Arenas medias y conglomeráticas saturadas
4		2192.0	181.00	211.00	
5		1056	Indeterminado	Indeterminado	

ANEXO 3

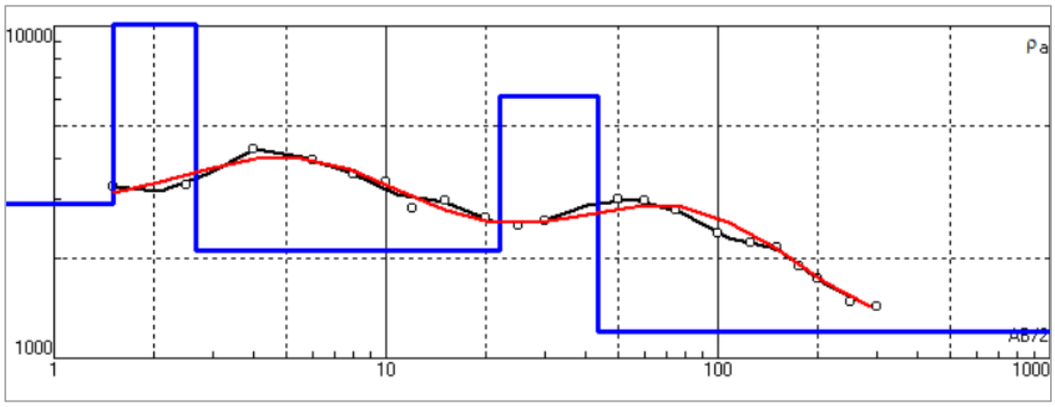
SEV17 (Ll09)



Error= 3.59%

Capa No	Zonas de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	1614.0	0.956	0.956	suelos, limos y arcillas
2	Z1	328.0	2.75	3.71	
3	Z2b	83.5	15.8	19.5	Limos y arcillas saturadas
4	Z3a	1269.0	60.2	79.7	Areniscas medias y Conglomerados saturadas
5	Z4a	193	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas finas y limolitas saturadas

SEV18 (Ll09)

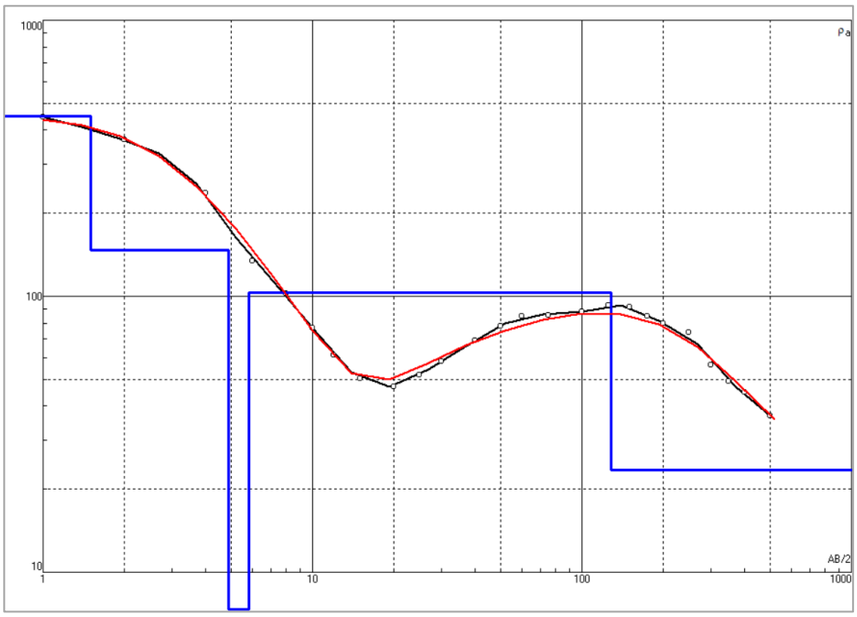


Error= 4,64%

Capa No	Zonas de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	2905.0	1.50	1.50	Suelos, limos y arcillas secas
2		10109.0	1.16	2.67	Arenas medias limos y arcillas secas
3	Z3a	2116.0	19.3	22.0	Arenas medias y conglomeráticas saturadas
4		6148.0	21.5	43,.5	
5		1202	Indeterminado	Indeterminado	

ANEXO 3

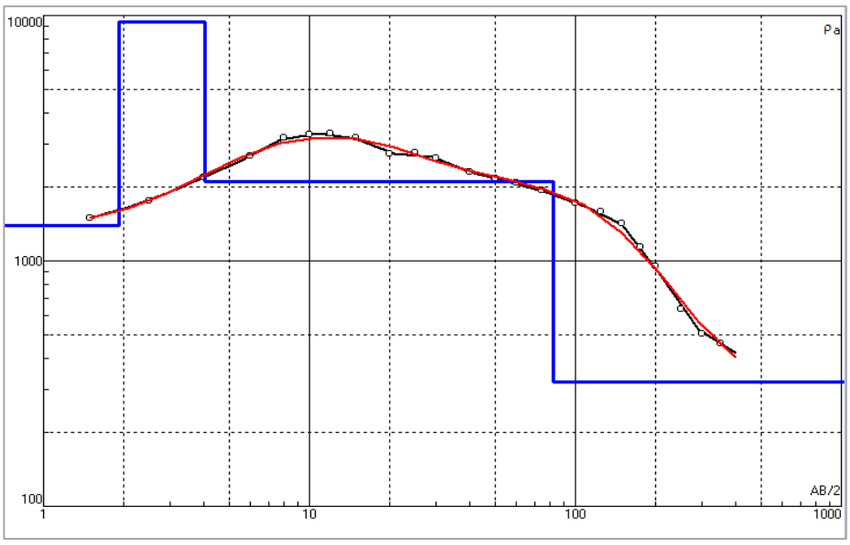
SEV19 (Ll09)



Error= 3,17%

Capa No	Zonas de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	449.0	1.5	1.5	Suelos,limos y arcillas
2		147.0	3.38	4.88	
3		4.01	0.926	5.81	Arcillas o limos
4	Z2b	103.0	122.0	128.0	Arenas, limos y arcillas saturadas
5	Z4b	23.5	Indeterminado	Indeterminado	Arcillolitas y areniscas moderadamente saturadas

SEV20 (Ll09)

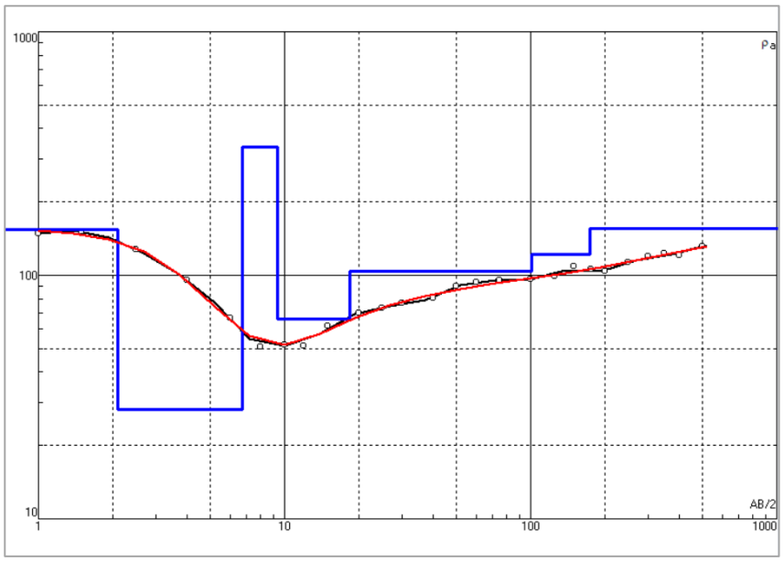


Error= 3,52%

Capa No	Zonas de Resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	1396.0	1.92	1.92	Suelos, limos y arcillas Secas
2		9418.0	2.15	4.07	
3	Z3a	2110.0	78.2	82.20	Areniscas medias y conglomerados saturadas
4	Z4a	321.0	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas Saturadas

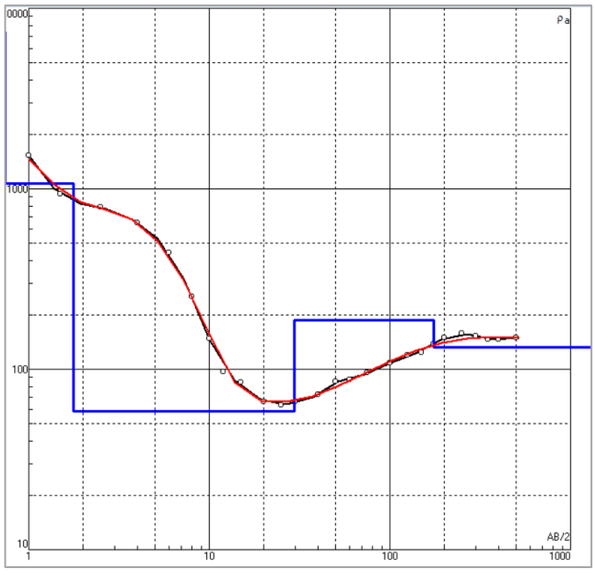
ANEXO 3

SEV01 (LI14)



Error= 2.24%					
Capa No	**Zona de resistividad**	**Resistividad Ohm-m**	**Espesor m**	**Profund m**	**Correlación Hidrogeológica**
1	Z1	154.0	2.09	2.09	Arenas, limos y arcillas secas
2		28.2	4.62	6.71	limos, arcillas p-sat
3		335.0	2.65	9.36	Arenas medias saturadas
4	Z2b	66.4	9.06	18.4	Arenas finas y limos saturados
5	Z3b	104.0	82.5	101.00	Areniscas y limos saturados
6	Z4a	122.0	73.2	174.00	Areniscas finas y limos saturados
7		156.0	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas finas y limos saturados

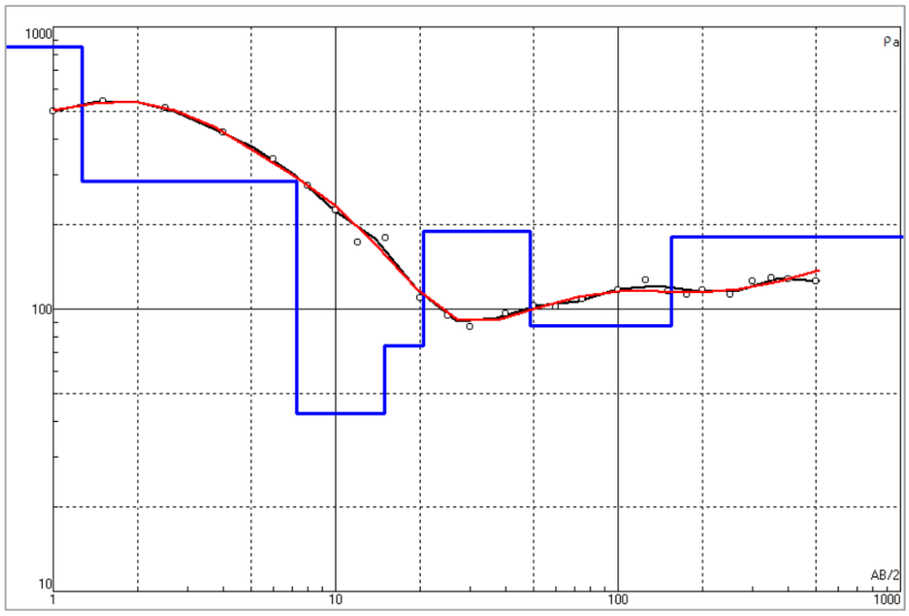
SEV02 (LI14)



Error= 3.46 %					
Capa No	**Zona de resistividad**	**Resistividad Ohm-m**	**Espesor m**	**Profund m**	**Correlación Hidrogeológica**
1	Z1	2651	0.5	0.5	Arenas secas
2		87.3	0.120	0.6	Limos y arcillas
3		7410	0.12	0.7	Arenas y conglomerados secos
4		1068.0	1.0	1.8	Arenas y conglomerados secos
5	Z2b	58.4	28	30	Areniscas y limolitas moderadamente saturadas
6	Z3b	187.0	145.0	175	Areniscas finas-medias y limos saturados
7	Z4a	132.0	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas finas y limos saturados

ANEXO 3

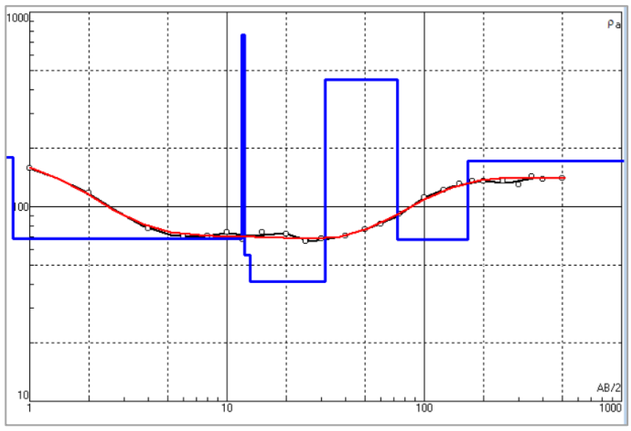
SEV03 (LI14)



Error= 2,52 %

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	419	0.5	0.50	Arenas, limos y arcillas secas
2		852	0.764	1.26	Arenas secas
3		284	6.04	7.30	limos, arcillas y arenas
4	Z2b	42.8	7.6	14.9	Arenas y limos saturadas
5		74	5.6	20.5	Arenas y Limos saturadas
6	Z3b	188.0	28.40	49	Areniscas medias a limos saturados
7	Z4a	87.3	106.00	155	Areniscas Saturadas
8	Z4a	180.0	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas medias saturados

SEV04 (LI14)

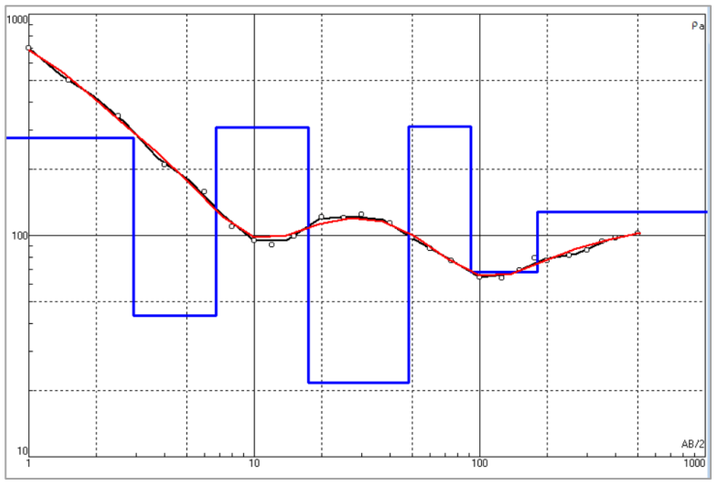


Error= 2,65%

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	180	0.827	0.827	Suelo, limos y arcillas secas
2		68.5	11.1	11.9	Suelo, limos y arcillas secas
3		761	0.327	12.2	Suelo, limos y arcillas secas
4	Z2b	56.6	0.86	13.1	Arcillolitas o limolitas saturadas
5		41.2	18.4	31.5	Arcillolitas o limolitas saturadas
6	Z3b	449.0	41.3	72.8	Areniscas medias saturadas
7	Z4a	67.7	93.4	166.0	Areniscas finas y limolitas moderadamente sat
8		172	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas medias moderadamente saturadas

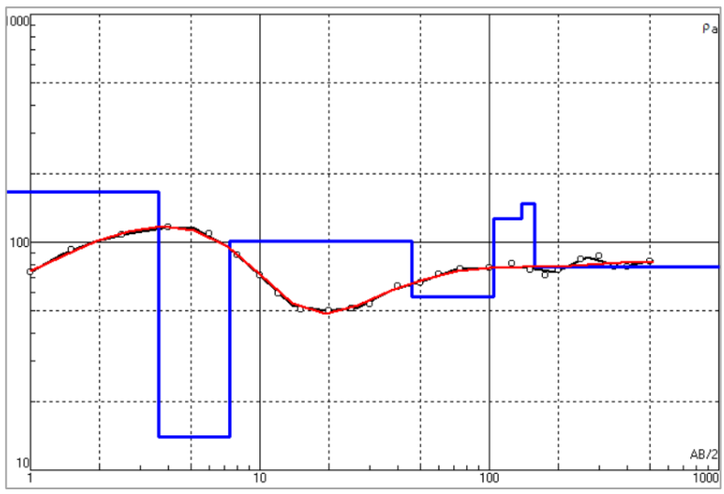
ANEXO 3

SEV05 (Ll14)



Error= 3.18 %					
Capa No	**Zona de resisitividad**	**Resistividad Ohm-m**	**Espesor m**	**Profund m**	**Correlación Hidrogeológica**
1	Z1	902	0.6	0.6	Arenas y arcillas secas
2		276	2.29	2.92	Arcillas secas arenas
3		43.5	3.88	6.8	Suelo, limos y arcillas secas
4	Z2a	307	10.6	17.4	Areniscas medias-gruesas saturadas
5	Z2b	21.6	31.0	48.4	Arcillolitas y limolitas moderadamente saturadas
6	Z3b	311	42.6	91.0	Areniscas con tamaño de grano saturadas
7	Z4a	68.1	89.3	180.0	Areniscas finas a limolitas M-saturadas
8		128	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas finas saturadas con limolitas

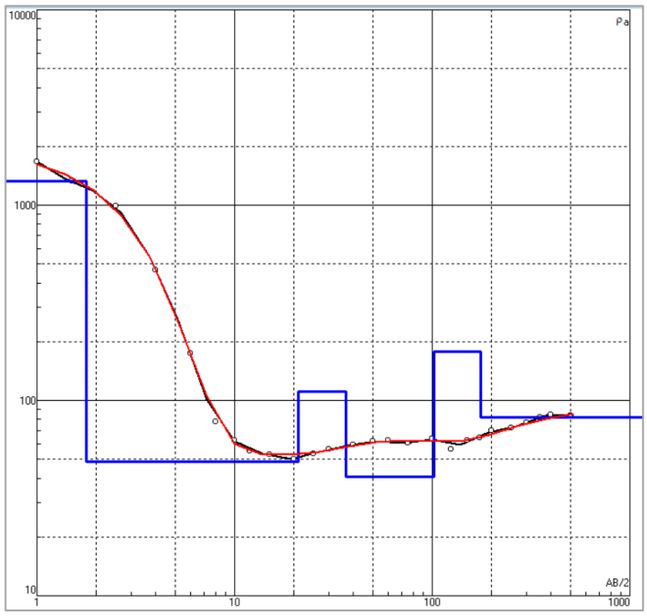
SEV06 (Ll14)



Capa No	**Zona de resistividad**	**Resistividad Ohm-m**	**Espesor m**	**Profund m**	**Correlación Hidrogeológica**
1	Z1	52.4	0.5	0.5	Limos y arcillas secas
2		166	3.11	3.61	Arenas
3	Z2b	14	3.76	7.37	Arcillas y limos sat
4	Z3b	101	38.4	45.7	Areniscas finas y limolitas saturadas
5	Z4b	57.5	59	105.0	Arcillolitas y limolitas saturadas
6	Z4a	127	33.4	138	Areniscas medias y limolitas
7		147	19.1	157	Areniscas medias y limolitas saturadas
8		77.9	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas finas a muy finas y limolitas

ANEXO 3

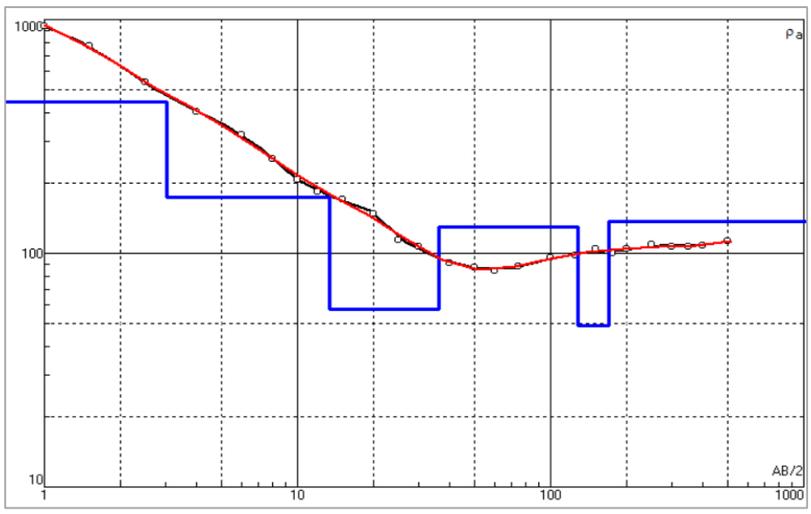
SEV07 (LI14)



Error= 3.31%

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	1898.0	0.5	0.5	Arenas secas
2		1326	1.28	1.78	Arenas secas
3	Z2b	48.7	19.3	21.1	Arenas y limos saturadas
4	Z3b	111	15.5	36.5	Areniscas moderadamente saturadas
5	Z4b	40.8	65.6	102.0	Areniscas limolitas saturadas
6	Z4a	178.0	73.9	176.00	Areniscas medias a conglomerados saturados
7		82	Indeterminado		Arcillolitas y limolitas saturadas

SEV08 (LI14)

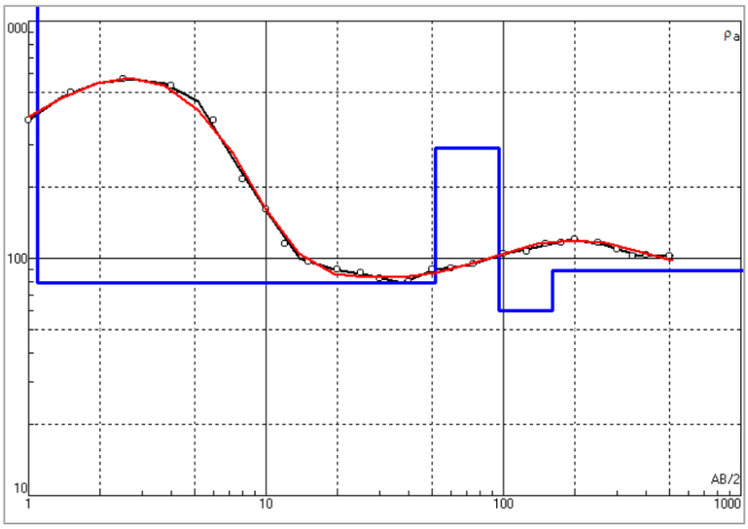


Error= 2.06%

Capa No	Zonas de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	1149	0.668	0.668	Arenas secas
2		444	2.36	3.03	Arenas y limos secos
3	Z2a	173	10.4	13.4	Arenas saturadas
4	Z2b	57.7	22.9	36.3	Arenas y limos saturadas
5	Z3b	130	92.1	128	Areniscas medias a finas saturadas
6	Z4b	48.9	40.9	169	Arcillolitas y limolitas saturadas
7	Z4a	137	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas medias a finas y arcillolitas saturadas

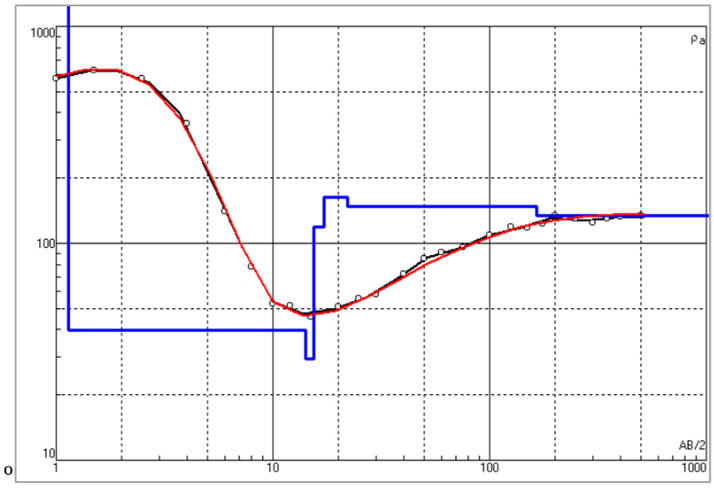
ANEXO 3

SEV09 (Ll14)



Error= 3.42%					
Capa No	**Zonas de resistividad**	**Resistividad Ohm-m**	**Espesor m**	**Profund m**	**Correlación Hidrogeológica**
1	Z1	240	0.6	0.5	Arenas y limos secos
2		2644	0.587	1.09	Arenas secas
3	Z2b	78.9	50.7	51.8	Areniscas finas y limos saturados
4	Z3b	293	44.1	95.8	Areniscas medias saturadas
5	Z4b	60.1	65.1	161	Areniscas y limolitas saturadas
6		88.8	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas finas y arcillolitas

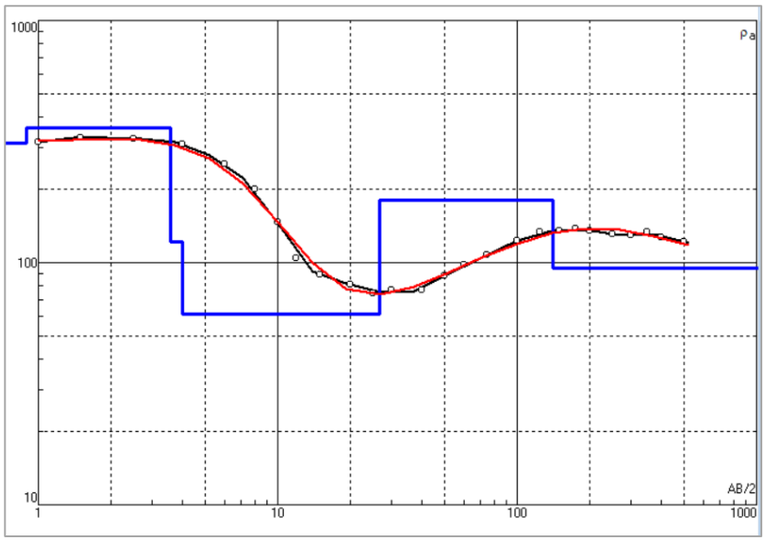
SEV10 (Ll14)



Error= 2,99%					
Capa No	**Zona de resistividad**	**Resistividad Ohm-m**	**Espesor m**	**Profund m**	**Correlación Hidrogeológica**
1	Z1	435.0	0.5	0.5	Arenas y limos secos
2		1647	0.64	1.14	Arenas secas
3	Z2b	39.8	13.00	14.1	Arenas y limos moderadamente saturadas
4		29.3	1.26	15.4	Arenas y limos moderadamente saturadas
5	Z3b	119.0	1.76	17.2	Areniscas finas y limolitas saturadas
6		162.0	4.98	22.1	
7		148.0	143.0	165.00	
8	Z4b	133.0	Indeterminado	Indeterminado	

ANEXO 3

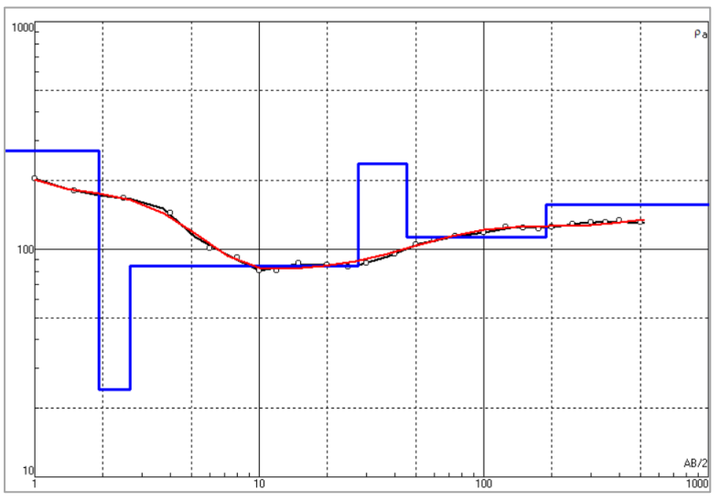
SEV11 (Ll14)



Error= 3,31 %

Capa No	Zonas de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	313	0.887	0.887	Arenas y limos secos
2		360.0	2.68	3.56	
3		122	0.452	4.02	
4	Z2b	61.3	22.6	26.6	Arenas y limolitas moderadamente saturadas
5	Z3b	182	115	142	Areniscas y limolitas saturadas
6	Z4a	94.7	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas y arcillolitas saturadas

SEV12 (Ll14)

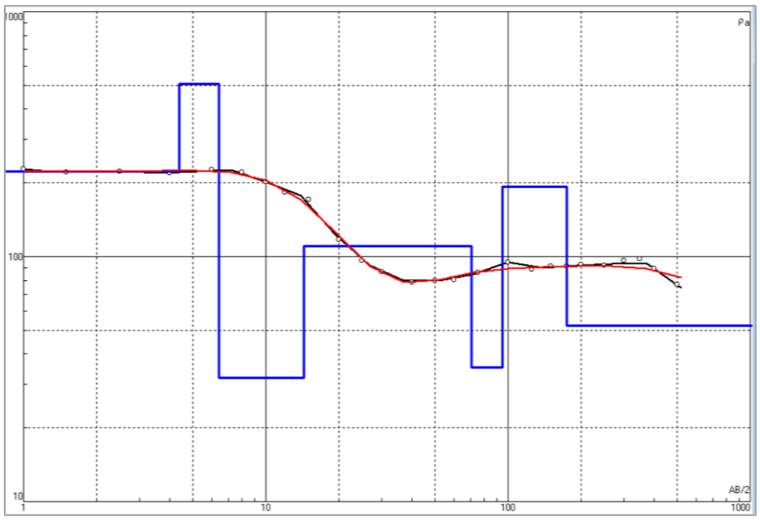


Error= 3.13 %

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profund m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	263	0.5	0.5	Arenas secas
2		69.8	0.22	0.72	Limos y arcillas secas
3		270	1.21	1.9	Arenas saturadas
5	Z2b	84.4	24.9	27.5	Areniscas saturadas intercaladas con limos
6	Z3b	238.0	17.8	45.30	Areniscas medias
7		113	144.0	189.0	Areniscas finas-medias y limolitas saturadas
8	Z4a	157.0	Indeterminado		Areniscas saturadas

ANEXO 3

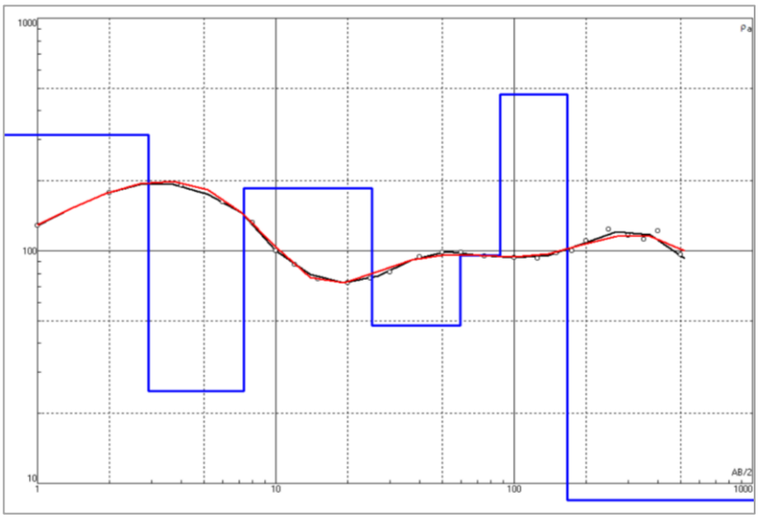
SEV13 (Ll14)



Error= 3.12%

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profundidad m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	222	4.39	4.39	Arenas secas
2		508	2.04	6.4	
3	Z2b	31.9	7.98	14.4	Limos y arcillas moderadamente saturadas
4	Z3b	110.0	56.2	70.6	Areniscas con intercalaciones de limolitas moderadamente saturada
5	Z4a-b	35.2	24.1	94.7	Arcillolitas y limolitas
6		192	80	175	Areniscas con moderada saturaciòn
7		52.2	Indeterminado		Areniscas y limolitas, moderadadamente saturada

SEV14 (Ll14)

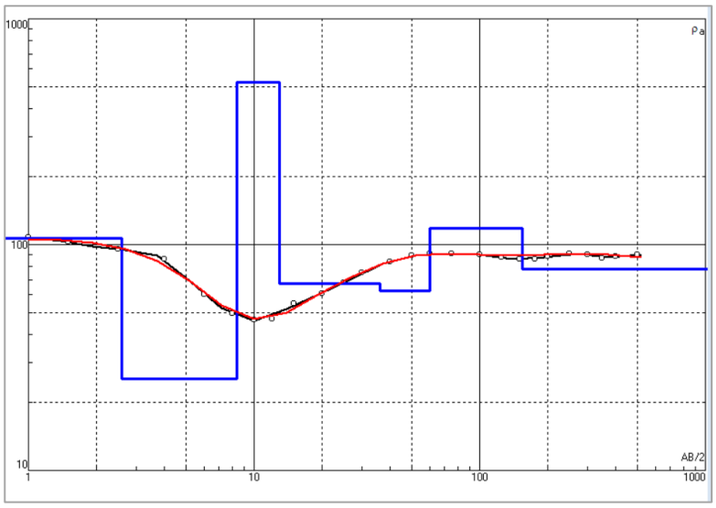


Error= 2.69%

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profundidad m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	88.6	0.617	0.617	Limos y arcillas secas
2		358.0	1.98	2.6	Arenas secas
3		18.3	2.99	5.59	Arenas y limos secos
4	Z2a	166.0	20.3	25.9	Areniscas medias
5	Z2b	41.7	20.4	46.3	Arenas y limos moderadamente saturados
6		92.0	41.0	87.3	
7	Z3b	380.0	67.8	155	Areniscas gruesas saturadas
8	Z4b	51.9	Indeterminado		Arenas y limos

ANEXO 3

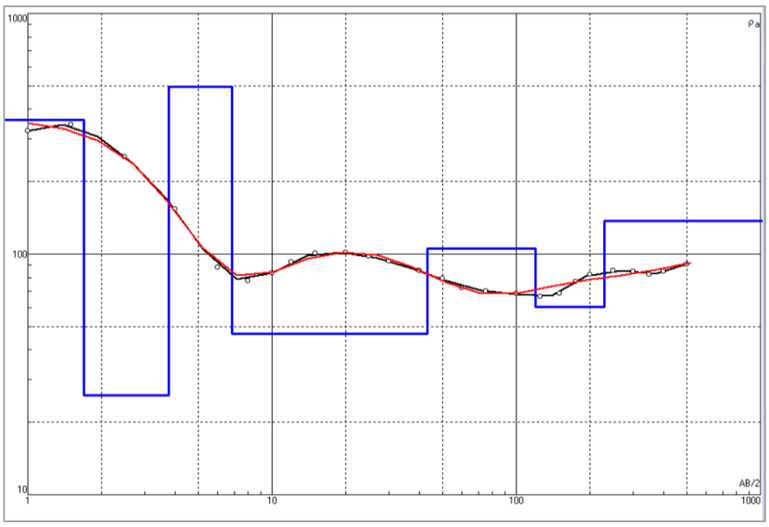
SEV15 (LI14)



Error= 2,35%

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profundidad m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	107	2.6	2.6	Arenas, limos y arcillas secas
2		25.5	5.79	8.39	Arcillas y limos secas
3	Z2a	524	4.62	13.0	Arenas saturadas
4	Z2b	67.2	23.2	36.2	Areniscas con intercalaciones de limolitas, moderadamente saturados
5		62.5	23.7	59.9	
6	Z3b	118.0	94.5	154	Areniscas saturadas
7	Z4a	77.9	Indeterminado		Areniscas con intercalaciones de limolitas, moderadamente saturados

SEV16 (LI14)

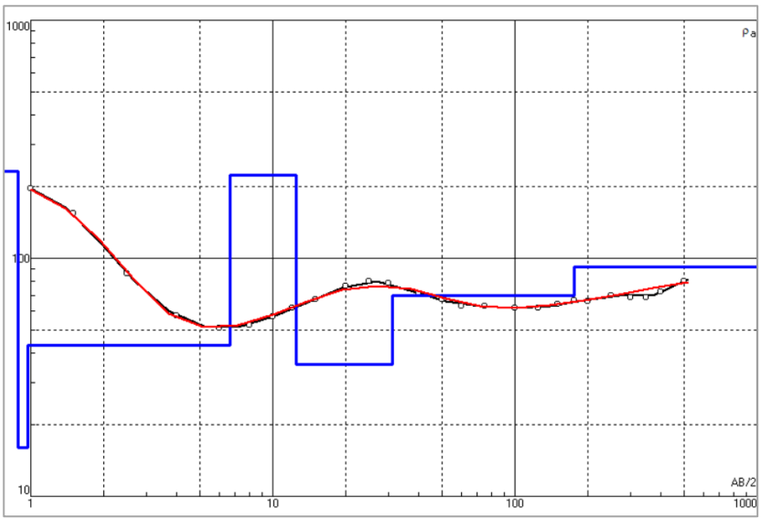


Error= 3,48%

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profundidad m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	362	1.70	1.70	Arenas secas
2		25.9	2.09	3.79	Limos y arcillas
3	Z2a	497	3.07	6.86	Arenas saturadas
4	Z2b	46.7	36.4	43.3	Arenas con intercalaciones de limos moderadamente saturados
5	Z3b	105	76.6	120	Areniscas con intercalaciones de limolitas saturados
6	Z4a	60.3	64.5	184	Areniscas medias y limolitas saturadas
7		137	Indeterminado		Areniscas finas y limolitas

ANEXO 3

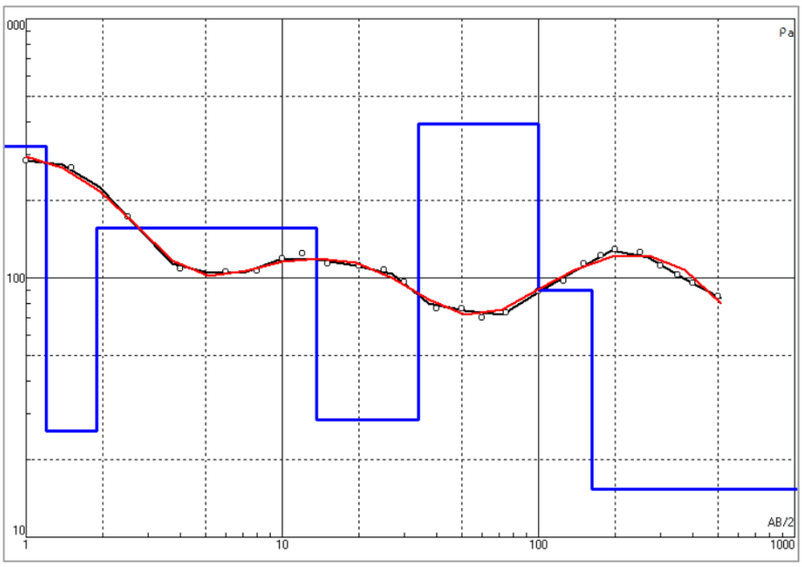
SEV17 (Ll14)



Error= 2,35%

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profundidad m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	232	0.884	0.884	Arenas, limos y arcillas secas
2		16.0	0.0874	0.972	Limos y arcillas secas
3		43.2	5.69	6.66	Arenas, limos y arcillas secas
4	Z2a	223.0	5.82	12.5	Areniscas saturadas
5	Z2b	35.8	18.8	31.3	Arcillolitas y limolitas saturadas
6	Z4a	69.5	144.0	176	Areniscas finas y limolitas
7		92	Indeterminado		

SEV18 (Ll14)

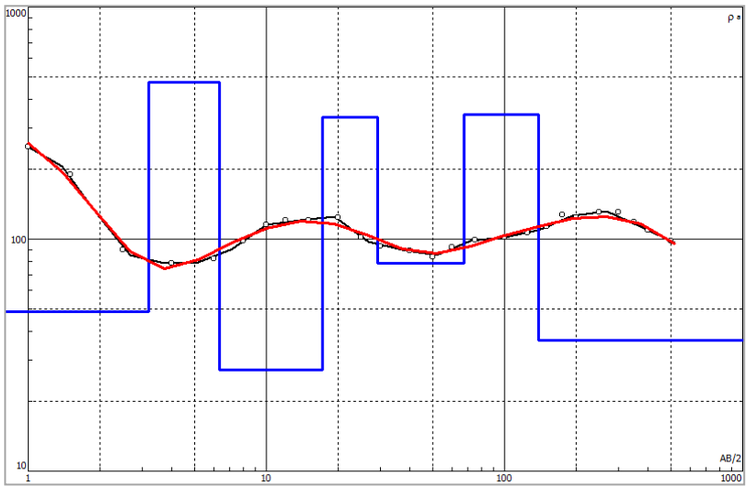


Error= 3.6%

Capa No	Zona de resistividad	Resistividad Ohm-m	Espesor m	Profundidad m	Correlación Hidrogeológica
1	Z1	321	1.20	1.20	Arenas, limos y arcillas secas
2		25.6	0.68	1.88	Suelo, limos y arcillas secas
3	Z2a	156	11.70	13.60	Arenas y limos moderadamente saturados
4	Z2b	28.4	20.40	34	Arcillas y limolitas moderadamente saturadas
5	Z3b	393	65.9	100	Areniscas saturadas
6	Z4a	89.4	61.9	162.0	Areniscas con intercalaciones limolitas moderadamente saturadas
7	Z4b	15.3	Indeterminado		Arcillas y limolitas saturadas

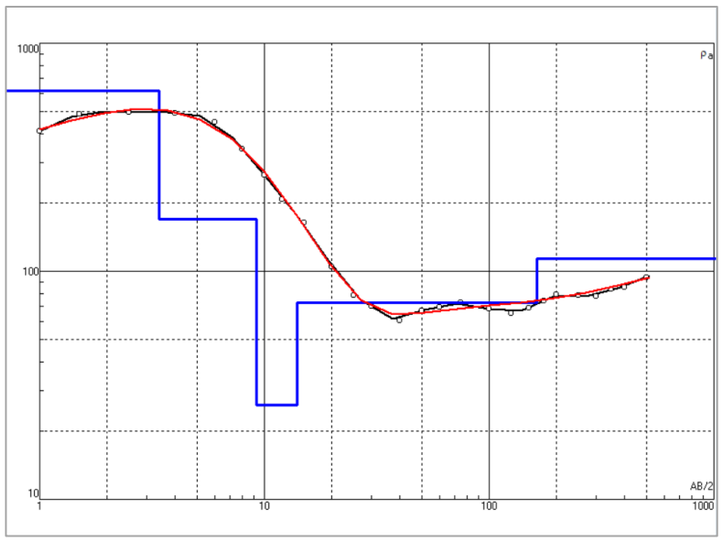
ANEXO 3

SEV19 (Ll14)



Error= 3,94%					
Capa No	**Zona de resistividad**	**Resistividad Ohm-m**	**Espesor m**	**Profundidad m**	**Correlación Hidrogeológica**
1	Z1	344	0.713	0.713	Suelo, limos y arcillas secas
2		48.6	2.50	3.21	Suelo, limos y arcillas secas
3	Z2a	474	3.16	6.37	Arenas saturadas
4		274.0	10.90	17.3	Arcillas y limos saturadas
5		334	12.1	29.4	Arenas saturadas
6	Z2b	78.4	38.4	67.8	Areniscas con intercalaciones de limolitas, moderadamente saturadas
7	Z3b	345	71.6	139	Areniscas saturadas
8	Z4b	36.7	Indeterminado		Arcillolitas y limolitas saturadas

SEV20 (Ll14)



Error=3.19 %					
Capa No	**Zona de resistividad**	**Resistividad Ohm-m**	**Espesor m**	**Profundidad m**	**Correlación Hidrogeológica**
1	Z1	348.0	0.5	0.5	Arenas limos y arcillas secas
2		620.0	3	3.4	Arenas, limos y arcillas secas
3	Z2a	169.0	5.80	9.20	Arenas saturadas
4	Z2b	26.0	4.8	14.0	Arcillas y limos saturadas
5	Z4a	72.6	149	163.0	Areniscas con intercalaciones moderadamente saturadas
6		114.0	Indeterminado	Indeterminado	Areniscas saturadas

IV

REGISTRO PRECIPITACIÒN ESTACIONES DE TRABAJO														
Estaciòn	**Año**	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	**ppt anual (mm)**
Santa Rita	1999	5.8	101.9	68.2	348.2	67.7	233.6	252.2	165.7	153.8	185.4	63.2	8.9	1654.6
	2000	11	7.3	93	15.3	202.5	175.7	234.7	162	219	301.2	116.4	97.3	1635.4
	2001	0	3.1	90.8	54.3	257.8	383.3	213.4	172.1				121.7	1296.5
	2002	0	9.5	101.1	224.2	318.6	68	276.3	142.5	344.9	123.5	106.7	13.5	1728.8
	2003	0	0	7	102.8	200.1	263.9	235.5	168.6	101.7	85.6	140.8	1.3	1307.3
	2004	0									117.3	113.7	30.6	261.6
	2005	16.5	22.5	25.2	365.2	268.8	253.4	167.9	67.3	215.7	355.8	292.7		2051
	2006	90	0	43.1	253.2	340.3	265.2	257	337.9	283.3	174.5	169.1	5.7	2219.3
	2007	0	5.8	73.1	127.4	236.5	267.4	150.8	286	185.6	194.3	32.1	25.7	1584.7
	2008	0	21	14.9	159.3	162.1	427.9	272.8	140.8	113.3	164.1	216.3	13.3	1705.8
	2009	33	85	42.5	208.3	286.2	300.7	386.6	378.5	125.5	45.3	94.5	0.1	1986.2
	2010	0	0	130.9	180.9	524.4	369.3	258.4	217.9	174	184.8	68.4	34.2	2143.2
	2011	6.1	66.5	11.3	217.4	569.3	267.5	262.7	40	172.9	144.4	158.2	5	1921.3
	2012	0	40.3	60.7	404.6	607	422.5	222.5	188.7	181.7	156.7	67.7	91.9	2444.3
	2013	0	20	53.2	162.6	249.8	134.8	215.3	215.3	183.3	97.1	61.7	18.1	1411.2
	2014	2.3	33.4	21.2	251.5	133.2	191.1	184.9	220.4	180.9	204.5	73.7	44.8	1541.9
	2015	22.1	51.1	1.9	191.6	110	323	295.3	196	155	188.2	114	38.7	1686.9
	2016	0	2.7	70.4	264.5	272.7	320.5	185.8			261	348.7	74.7	1801
	2017	0	31.5	118.2	161.6	184.9	141.1	172.2	252.2	168.3	225.6	131.7	26.3	1613.6
	2018	61.5	0	113.1	248.3	327.7	252.3	369.1	188.1	265.5	345.1	29.9	0	2200.6
	2019	0	0.3	24.5	330.5	237	492.6	218.5	297.2	177	187.2	120.2	16.1	2101.1
	2020	0	0.5	2.6	184.5	124.8	179.1	295.9	183.5	137.8	211.3	217.6	13.2	1550.8
Aguadas	1999			58.9	440.3	202.6	313.3	277.3	180.7	322.3	417.1	181.6	18.2	2412.3
	2000	11.1	12.7	160.5	106.6	129.6	117.3	510.2	361.9	497.1	456.9	72.8	217.9	2654.6
	2001	0	4.4	81	272.6	582.8	449.2	441	429.7	132.3			107.7	2500.7
	2002	20.2			151.5	366.5	331.7	328.6	371	488.7	191.5	841.5	114.5	3205.7
	2003	0	0.2	28.7	255.3	478	319.1	256.9	138.5	186.5	389.5	68.5	111	2232.2
	2004	0	57	56.5	457.4		320.3			329.9	222.5	225	53	1721.6
	2005	54.3	86.5	26.5	559.4	407	66.9		191.5	313	173.9	255.5	34.5	2169
	2006	82	0	146.4	158.9	439.9	471.7	412.1	366.2	393.5	340.5	247.2	49.5	3107.9
	2007	0	14	99.8	252.7	347.9	411.8	270.9	255.9	313.5	428.2	86.1	63.8	2544.6
	2008	3.3	13	48.3	179.3	285.7	588.9	279.9	290.4	230.8	156.6	175	18.5	2269.7
	2009	26.2	0	35.5	215	421.7	349.4	363.5	325.5	211.4	182.5	14.3	0	2145
	2010	0	7.4	137.9	298.7	250	360	275.7	264	266	314	91	26.5	2291.2
	2011		100	6.5	415	722	514.9	294.9	237	300.8	356.8	316.3	125.2	3389.4
	2012	0.6	36	210.2	444	390.6	453.2	340	212.6	113.3	355	139.1	64.5	2759.1
	2013	0	1	38.9	227.2	272.3	289.5	268.6	414.3	208.7	162.2	35.3	51.9	1969.9
	2014	0.4	72.6	41	384.4	328.8	223.3	236.7	184.5	289.4	240.3	250.2	85.4	2337
	2015	67.3	44.1		154.4	174.6	418.7	361.4	576.8	403.9	307.1	109.2	50	2667.5
	2016	0	10.3	213.1	412.5	578.5	244.2	281.9	342.4	193	218.7	376.4	53.2	2924.2
	2017	33.1	49.1	201.8	100.7	177.2	200.1	237.7	299.3	229.6	205.1	164.1	14.5	1912.3
	2018	68.6	0	156.7	340	326.9	301.1	520.5	402.8	434.8	341.4	101.9	2	2996.7
	2019	0	3.6	63.9	409.8	420.1	402.3	239	431.7	173.1	253.6	139.3	92.7	2629.1
	2020	7.6	0	4	253.1	232.3	300.2	356.7	255.1	217.7	146.7	287.7	42.4	2103.5
Diamante	2017	1.60	1.60	97.80	165.10	310.1	358.6	180.5	97.70	185.40	106.20	66.2	5.30	1576.1
	2018	63.40	0.00	49.20	299.50	256.5	246.7	82.7	4.1	9.2	32	18.5	0.00	1061.8
	2019	0.00	0.00	0.40	12.80	3.10	10.70	213.6	220.10	151.40	160.3	140.4	61.10	973.9
	2020	5.20	0.10	0.00	188.2	131.80	245.40	444.5	200.50	143.00	192.2	133.9	34.4	1719.2
Paz de Ariporo	2017	4.9	50.2	181.4	150.8	182.1	231.4	187.4	167.8	137.6	202.7	205.3	13.2	1714.8
	2018	50.4	0	113.3	340.5	340.1	221.1	338.7	295.6	295.5	314.4	27.2	0	2336.8
	2019	2	0.2	77.8	340.3	311	364	184.2	443	132.1	205.4	175.6	27.1	2262.7
	2020	4.3	0	16	115	320	215.6	330.9	189.2	134.5	203.3	280.7	9.6	1819.1