

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**DETERMINACIÓN DEL ORIGEN DE LOS ALTOS VALORES DE
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL SISTEMA ACUÍFERO DE LA ZONA DE
COLORADO DE ABANGARES Y ALREDEDORES, GUANACASTE.**

**Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de
Posgrado en Geología para optar al grado y título de Maestría Académica en
Hidrogeología y Manejo de Recursos Hídricos**

NATALIA MONTES RUIZ

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2018



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
UEN Investigación y Desarrollo
Centro de Documentación e Información

BOLETA DE AUTORIZACIÓN DEL AUTOR PARA PUBLICAR INFORMACIÓN

Yo, Natalia Montes Ruiz

N° Cédula

1-10460752

Dependencia

UEN Gestión Ambiental

Autorizo al Centro de Documentación e Información para incluir y publicar en el sitio Web y la intranet del AyA la siguiente información:

Autor(es): Natalia Montes Ruiz

Título: Determinación del origen de los altos valores de conductividad eléctrica en el sistema acuífero de la zona de Colorado de Abangares y alrededores, Guanacaste.

E-mail: nmontes@aya.go.cr N° Teléfono: 25 43 63 77

Firma: 

Dedicatoria

A mi familia.

Agradecimientos

Al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y en especial al Área de Hidrogeología de la UEN Gestión Ambiental.

A mi directora de tesis la M.Sc. Viviana Ramos Sánchez por su guía, dedicación, disponibilidad, ayuda y principalmente motivación durante todo el proceso y elaboración de esta investigación, igualmente a mis asesores M.Sc. Héctor Zuñiga Mora y el Dr. Marco Barahona Palomo también por su siempre buena disponibilidad de ayudarme, por sus aportes y motivación brindada en todo momento. Igualmente, al Dr. Rafael Oreamuno Vega por su interés en el proyecto, gran apoyo y buena disposición de colaborar y a la M.Sc. Ingrid Vagas Azofeifa por sus aportes a esta investigación.

A mis compañeros de trabajo el Geól. Cristian Delgado, Geól. Cristian Corrales y los técnicos Carlos Murillo y Marvin Gómez por su colaboración durante la preparación de equipo, materiales y con el trabajo de campo del proyecto, así como a los estudiantes de la Practica Geológica del 2016: Alejandro Argüello, Sebastián Carmona, Josué Hernández y Pablo Dormond por el esfuerzo y dedicación en la elaboración del cartografiado geológico de este estudio. Al geólogo Mauricio Zúñiga y al técnico Francisco Segura, por la colaboración durante el trabajo de campo, así como a los geólogos Alejandro Argüello y José Jiménez por la gran ayuda y apoyo con la digitalización de la información y edición final del trabajo.

Al Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) del AyA por la colaboración y buena disposición para la realización de los dos muestreos físico-químicos realizados, especialmente al Dr. Darner Mora Alvarado, a la Lic. Azucena Urbina Campos y al Lic. Luis Zuñiga Zuñiga, por su tiempo y explicaciones.

Al Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento por su colaboración con la información de pozos brindada. A Ingeofica 2000 S.A., a la Municipalidad de Colorado de Abangares, a la oficina del AyA de Colorado y a las ASADAS de Monte Potrero, Santa Lucía de Porozal, Peñas Blancas, San Buenaventura, San Joaquín y a sus colaboradores por toda la ayuda, información generada y brindada para la elaboración de esta investigación.

Al resto de compañeros de trabajo, amigos y familiares que siempre estuvieron pendientes del avance del proyecto apoyándome, motivándome, aconsejándome y ayudándome durante todo el proceso de elaboración de este trabajo.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Geología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Académica en Hidrogeología y Manejo de Recursos Hídricos

Dr. Rafael Oreamuno Vega
Representante del Decano
Sistema de Estudios de Posgrado

M. Sc. Viviana Ramos Sánchez
Directora de tesis

M. Sc. Héctor E. Zuñiga Mora
Asesor

Dr. Marco Barahona Palomo
Asesor

M.Sc. Ingrid Vargas Azofeifa
Representante del Director
Programa de Posgrado en Geología

Natalia Montes Ruiz
Candidata

TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Resumen	ix
1 INTRODUCCION	1
1.1 Problema de Investigación	1
1.2 Ubicación geográfica del área de estudio.....	3
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	5
2.1 Objetivo General.....	7
2.2 Objetivos Específicos.....	7
3 HIPÓTESIS DEL PROYECTO.....	7
4 METODOLOGÍA	7
4.1 Tipo y Enfoque de la Investigación	7
4.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	8
4.3 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	11
4.4 Variables y categorías	12
4.4.1 Variable dependiente: Conductividad Eléctrica	12
4.4.2 Variable independiente: Composición química de las aguas subterráneas	13
4.4.3 Variable independiente: Tipo de roca	14
5 ANTECEDENTES.....	15
5.1 Geología Regional	18
5.1.1 Formaciones de origen ígneo	18
5.1.2 Formaciones de origen sedimentario	19
6 MARCO CONCEPTUAL	29
6.1 Composición química de las aguas subterráneas.....	29
6.2 Evolución geoquímica de las aguas subterráneas.....	30
6.3 Acuíferos costeros.....	31
6.4 Intrusión Salina.....	32
6.5 Diagramas de Piper para la clasificación química de las aguas	33

6.6	Relaciones iónicas.....	35
6.7	Conductividad eléctrica del agua y salinidad	36
6.8	Metodologías para el estudio y definición de la posición de la cuña de agua salada	36
6.8.1.	Fórmula de Ghyben-Herzberg	37
6.8.2.	Método de Glover	38
6.9	Métodos Geofísicos	40
6.9.1	Metodologías aplicadas en la investigación Geofísica.....	41
6.9.1.1	Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs).....	41
6.9.1.2	Perfiles de Tomografía Eléctrica	42
6.10	Modelo Conceptual.....	42
7	ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
7.1	Datos Climatológicos.....	43
7.1.1	Variación de las precipitaciones de la estación meteorológica de Colorado..	45
7.1.2	Variación de las precipitaciones de la estación meteorológica de CEMEX. .	46
7.2	Caracterización Geológica Local.....	47
7.2.1	Unidad Basaltos Lizarco (Argüello et. al, 2016)	50
7.2.1.1	Sub-Unidad Basaltos sanos Lizarco	50
7.2.1.2	Sub-Unidad suelos residuales de basalto	51
7.2.2	Unidad Lutitas y Areniscas silíceas Los Almendros (Argüello et. al, 2016) .	52
7.2.3	Unidad Conglomerados El Chorro (Argüello et. al, 2016)	53
7.2.4	Unidad Calizas Pavo Real (Argüello et. al, 2016)	54
7.2.5	Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta (Argüello et. al, 2016) ...	55
7.2.6	Unidad Areniscas y Conglomerados calcáreos Cerco de Piedra (Argüello et. al, 2016)	56
7.2.7	Unidad Calizas Peña Blanca (Argüello et. al, 2016).....	57
7.2.8	Unidad Areniscas y Brechas Monteverde (Argüello et. al, 2016)	58
7.2.9	Unidad de Depósitos Aluvionales (Argüello et. al, 2016)	59
7.3	Perfiles Geológicos	60
7.4	Geología Estructural local.....	64

7.4.1	AF-1	64
7.4.2	AF-2	65
7.4.3	AF-3	65
7.4.4	AF-4	66
7.4.5	AF-5	66
7.4.6	AF-6	67
7.4.7	AF-7	67
7.5	Zonificación de la zona de estudio	67
7.5.1	Zona 1	67
7.5.2	Zona 2	68
7.5.3	Zona 3	68
7.6	Prospección Geofísica	70
7.6.1	Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's)	70
7.6.1.1	Interpretación en Zona 1	73
7.6.1.2	Interpretación en Zona 2	86
7.6.1.3	Interpretación en Zona 3	90
7.7	Monitoreo de pozos en Colorado de Abangares y alrededores	91
7.7.1	Niveles de agua subterránea	94
7.7.2	Conductividad eléctrica	99
7.7.2.1	Zona 1	101
7.7.2.2	Zona 2	103
7.7.2.3	Zona 3	104
7.8	Análisis hidro-geoquímico de las aguas de los pozos de Colorado de Abangares y alrededores	107
7.8.1	Caracterización química de las aguas de Colorado de Abangares y alrededores	113
7.8.1.1	Balance iónico del Primer Muestreo (Junio-2016)	118
7.8.1.2	Diagrama de Schoeller del Primer Muestreo (Junio-2016)	120
7.8.1.3	Balance iónico del segundo muestreo (Enero-2017)	120
7.8.1.4	Diagrama de Schoeller del segundo muestreo (Enero-2017)	121

7.8.1.5	Diagrama de Piper del primer muestreo (Junio-2016)	122
7.8.1.6	Diagrama de Piper del segundo muestreo (Enero-2017)	126
7.8.2	Índices hidrogeoquímicos.....	130
7.8.2.1	Índices hidrogeoquímicos del primer muestreo	130
7.8.2.2	Índices hidrogeoquímicos del segundo muestreo.....	133
7.9	Intrusión Salina.....	135
7.9.1	Método de Ghyben-Herzberg	135
7.9.2	Método de Glover	136
7.10	Modelo Hidrogeológico Conceptual de la zona de Colorado de Abangares y alrededores.....	141
8	CONCLUSIONES	148
9	RECOMENDACIONES	153
10	BIBLIOGRAFÍA	155

Resumen

En el año 2014, estudios realizados por empresas privadas en los alrededores de Colorado de Abangares, Guanacaste en, Costa Rica, midieron altos valores de conductividad en las aguas de varios pozos privados que se pretendía donar al AyA para que fueran operados y administrados por esta entidad. Estos altos valores en el parámetro de conductividad son indicadores de un alto contenido de sales lo que agrava el problema de la falta del recurso hídrico en esa región. Este fenómeno ocurre, en gran parte, por la explotación intensiva e incontrolada de los acuíferos.

La zona de estudio, en Colorado de Abangares y alrededores, abarca un área de 117 km², conformada geológicamente en su sector oeste por rocas de origen sedimentario con fuerte composición calcárea y en su parte este, por rocas de origen ígneo que constituyen parte del basamento regional. Además, la zona se encuentra afectada por la presencia de una serie de fallas paleotectónicas y neotectónicas.

Por medio del monitoreo mensual de niveles estáticos y conductividad eléctrica del agua subterránea en pozos de la zona, se muestra la relación que existe entre la disminución de los niveles de agua durante los períodos de menor precipitación y el posterior aumento durante los meses cuando ocurren las mayores precipitaciones. Además, se detectó la especial afectación en los niveles de agua subterránea, del pasado fenómeno de El Niño. Relacionado a esto, se observó, que existe una correlación, general, del aumento de los valores de conductividad durante los meses en que disminuye el nivel de agua subterránea y su disminución con el aumento de los niveles. Ninguno de los pozos monitoreados mantuvo durante el período analizado, valores de conductividad eléctrica inferiores al Valor Alerta de 400 $\mu\text{S/cm}$, la mayoría mantiene conductividades entre 400 $\mu\text{S/cm}$ y menos de 1.000 $\mu\text{S/cm}$. Los valores superiores a 1.000 $\mu\text{S/cm}$ se midieron principalmente en el extremo oeste de la zona de estudio, frente a la costa y los valores inferiores a los 400 $\mu\text{S/cm}$ se miden principalmente al este del área. Esta tendencia se debe a la composición mayormente carbonatada de las rocas que conforman los terrenos de la zona.

La clasificación química de las aguas subterráneas de la zona de estudio muestra una predominancia del tipo Bicarbonatadas Cálcidas, mientras que las aguas de tipo Cloruradas Cálcidas, se presentan en la zona frente a la costa

Se determinó que ninguna de las dos metodologías para la localización de la interfase agua dulce-agua salada resultó efectiva, pues mediante la prospección geofísica y el análisis físico-químico se determinó que, por encima de las profundidades calculadas ya existen evidencias del proceso de intrusión salina.

Se determina la presencia de varias unidades acuíferas de tipo libre, que se desarrollan en las diferentes unidades geológicas existentes en la zona. Sin embargo, el acuífero más importante y el más explotado, es el desarrollado en las fracturas de la Unidad de Areniscas y Lutitas Loma Danta. Presenta dos niveles de agua subterránea, el más somero oscila entre 1,03 m.b.n.s y 7,05 m.b.n.s y el más profundo entre 0,3 m.b.n.s y 9 m.b.n.s, cuenta con un espesor de hasta 18 m, genera caudales entre 2,5 lt/s y 10 lt/s, transmisividades entre 20 m²/d y 70,3 m²/d y se determina, un gradiente hidráulico entre 0,0085 y 0,03 con una dirección de flujo hacia la costa.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores de conductividad eléctrica medidos en pozos en los alrededores de Colorado de Abangares en el año 2014 (Laboratorio San Martín, 2014)	2
Tabla 2. Conformación del Acueducto del AyA en Colorado de Abangares.....	5
Tabla 3. Conformación de las ASADAS en la zona de Colorado de Abangares y alrededores (Información proporcionada por las ASADAS, 2018)	6
Tabla 4. Iones fundamentales que componen las aguas subterráneas.....	29
Tabla 5. Origen de elementos y rangos normales de concentraciones en aguas dulces no contaminadas (Modificado de Appelo & Postma, 1999 y Custodio & Llamas, 1996).....	30
Tabla 6. Algunas relaciones iónicas y su interpretación	35
Tabla 7. Valores de resistividad para algunos materiales según Reynolds (1997)	41
Tabla 8 .Descripción de los SEV's realizados en la Zona 1.	70
Tabla 9. Descripción de los SEV's realizados en la Zona 2	72
Tabla 10. Descripción de los SEV's realizados en la Zona 3	73
Tabla 11. Modelo de capas del Perfil P-4.....	75
Tabla 12. Modelo de capas del Perfil P-5.....	78
Tabla 13. Modelo de capas del Perfil P-7.....	80
Tabla 14. Modelo de capas del Perfil P-9.....	82
Tabla 15. Modelo de capas del Perfil P-11	85
Tabla 16. Modelo de capas de la Perfiles P-14-S, P-14-N y P-15	86
Tabla 17. Modelo de capas del Perfil P-19.....	87
Tabla 18. Modelo de capas del Perfil P-20.....	88
Tabla 19. Modelo de capas del Perfil P-18-S	90
Tabla 20. Modelo de capas de los perfiles P-16 y P-17	91
Tabla 21. Lista de pozos monitoreados, dentro del área de estudio en Colorado de Abangares y alrededores, en el período de Enero del 2016 a Abril del 2017.....	92
Tabla 22. Pozos seleccionados de la red de monitoreo de Colorado de Abangares y alrededores para el muestreo físico químico en conjunto con el Laboratorio Nacional de Aguas del AyA.....	107
Tabla 23. Valores de conductividad eléctrica obtenidos durante el Primer y Segundo muestreo físico-químico en los pozos seleccionados de la red de monitoreo de Colorado de Abangares y alrededores.....	112
Tabla 24. Balance iónico del primer muestreo físico-químico, realizado en junio del 2016, en los pozos seleccionados de la red de monitoreo de Colorado de Abangares y alrededores.	119
Tabla 25. Balance iónico del segundo muestreo físico -químico, realizado en enero del 2017, en los pozos seleccionados de la red de monitoreo de Colorado de Abangares y alrededores.	121

Tabla 26. Clasificación química de las aguas de los pozos muestreados durante el primer muestreo físico-químico, realizado en Junio del 2016.	123
Tabla 27. Clasificación química de las aguas de los pozos muestreados durante el segundo muestreo físico-químico, realizado en enero del 2017.	127
Tabla 28. Índice hidroggeoquímico rMg^{2+}/rCa^{2+} de los pozos muestreados durante el primer muestreo y la correlación con el origen del agua subterránea.	130
Tabla 29. Índice hidroggeoquímico $rCl^{-}/rHCO_3^{-}$ de los pozos muestreados durante el primer muestreo y la correlación con el origen del agua subterránea.	132
Tabla 30. Índice hidroggeoquímico rMg^{2+}/rCa^{2+} de los pozos muestreados durante el segundo muestreo y la correlación con el origen del agua subterránea.	133
Tabla 31. Índice hidroggeoquímico $rCl^{-}/rHCO_3^{-}$ de los pozos muestreados durante el segundo muestreo y la correlación con el origen del agua subterránea.	134
Tabla 32. Comparación de las profundidades de ubicación de la interfase	139

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio mostrando relieve.	4
Figura 2 Mapa Geológico Regional de la zona de Colorado de Abangares y alrededores. (Modificado de Denyer et al., 2014)	28
Figura 3. Diagrama que muestra el equilibrio agua dulce-agua salada.	32
Figura 4. Diagrama de Piper para la clasificación química de los diferentes tipos de aguas	34
Figura 5. Esquema para determinar la profundidad de la interfase salina según las hipótesis de Ghyben-Herzberg (Tomado de SENARA, 2017)	38
Figura 6. Esquema para determinar la profundidad de la interfase salina según Glover (Tomado de SENARA, 2017)	39
Figura 7. Ubicación de Estaciones Meteorológicas CEMEX y Colorado en la zona de Colorado de Abangares y alrededores.	44
Figura 8. Columna Estratigráfica Local para la zona de estudio (Argüello et. al, 2016).	48
Figura 9. Mapa Geológico Local de la zona de Colorado de Abangares y alrededores.	49
Figura 10. Perfil geológico C-D en el área de estudio.	63
Figura 11. Perfil geológico G-H en el área de estudio.	63
Figura 12. Mapa de Zonificación de la zona de Colorado de Abangares y alrededores	69
Figura 13. Ubicación de Ensayos Geofísicos en la zona de Colorado de Abangares y alrededores.	71
Figura 14 Ubicación e interpretación del Perfil Geoeléctrico P-4.	75
Figura 15. Ubicación e interpretación del Perfil Geoeléctrico P-5	78
Figura 16. Ubicación e interpretación del Perfil Geoeléctrico P-7	80
Figura 17. Ubicación e interpretación del Perfil Geoeléctrico P-9	82

Figura 18. Ubicación e interpretación del Perfil Geoeléctrico P-11	85
Figura 19. Perfil Geoeléctrico de la Tomografía T-1 (Ingeofica Dos Mil, 2016).....	89
Figura 20. Ubicación de los pozos monitoreados en la zona de Colorado de Abangares y alrededores	93
Figura 21. Valores de conductividad en pozos monitoreados por zonas en la zona de Colorado de Abangares y alrededores	106
Figura 22. Ubicación de pozos con muestreo físico-químico en la zona de Colorado de Abangares y alrededores.....	108
Figura 23. Diagrama de Piper del primer muestreo físico-químico, realizado en Junio del 2016, en Colorado de Abangares y alrededores.....	123
Figura 24. Clasificación química de las aguas de los pozos durante el primer muestreo (Junio, 2016) en la zona de Colorado de Abangares y alrededores	124
Figura 25. Diagrama de Piper de las muestras del segundo muestreo físico-químico, realizado en Enero del 2017, en Colorado de Abangares.....	126
Figura 26. Clasificación química de las aguas de los pozos durante el segundo muestreo (Enero, 2017) en la zona de Colorado de Abangares y alrededores	129
Figura 27. Ejemplo de perfil geofísico mostrando la variación en las profundidades determinadas mediante las metodologías de Ghyben-Herzberg y Glover para el caso analizado del pozo AG-57.	140
Figura 28. Perfiles hidrogeológicos A-B y E-F realizados en la zona de Colorado de Abangares y alrededores.....	145
Figura 29. Perfil hidrogeológico I-J y modelo conceptual (sin escala) de la zona de Colorado de Abangares y alrededores.....	146
Figura 30. Elementos hidrogeológicos del área de Colorado de Abangares y alrededores.	147

DETERMINACIÓN DEL ORIGEN DE LOS ALTOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL SISTEMA ACUÍFERO DE LA ZONA DE COLORADO DE ABANGARES Y ALREDEDORES. GUANACASTE.

1 INTRODUCCION

1.1 Problema de Investigación

Los acuíferos costeros son vulnerables al proceso de intrusión salina debido a la cercanía del agua salada que bajo ciertas condiciones de bombeo puede contaminar al agua dulce.

De acuerdo con Escuder et al. (2009), el bombeo cerca de la costa induce un gradiente negativo hacia el interior del territorio, lo que provoca la entrada de agua de mar al acuífero al punto que los pozos empiecen a extraer una mezcla de aguas que incluye agua de mar, por lo que una excesiva explotación del recurso cerca de la costa puede llegar a inutilizar el propio recurso a causa de la salinización, lo que lleva a descartar las captaciones.

Este fenómeno, en general, es favorecido por la sobreexplotación de los acuíferos costeros, pues esto genera el descenso de los niveles de agua con el consecuente avance tierra adentro de la interfase agua dulce-agua salada.

Por la ubicación geográfica de la zona de Colorado de Abangares, con límites al sur con el Golfo de Nicoya y la zona de esteros asociada a este ambiente, los acuíferos localizados más cercanos al sector costero, tienen una mayor susceptibilidad a la contaminación por intrusión salina.

En el año 2014, a partir de estudios realizados por empresas privadas en los alrededores de Colorado de Abangares, se midieron altos valores de conductividad en las aguas de varios pozos privados localizados en ese sector (Tabla 1) y que se pretendía donar al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) para que fueran operados y administrados por ésta entidad.

Tabla 1. Valores de conductividad eléctrica medidos en pozos en los alrededores de Colorado de Abangares en el año 2014 (Laboratorio San Martín, 2014)

POZO	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA
Barbudal (AG-59)	667 $\mu\text{S/cm}$
Hills I (AG-154)	642 $\mu\text{S/cm}$
Raizal	639 $\mu\text{S/cm}$

En la Tabla 1 se muestran valores superiores a 600 $\mu\text{S/cm}$ medidos en estos pozos; sin embargo, de acuerdo con el Anexo 1: Cuadro 1. Parámetros de la Calidad del Agua (Primer Nivel de Control-N1) del Decreto N° 32327-S: Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Publicado en La Gaceta No. 84 del 3 de mayo del 2005) el valor recomendado para este parámetro en el agua potable es de 400 $\mu\text{S/cm}$, por lo que, en el caso de estos pozos los valores se encuentran por encima de lo recomendado.

Estos altos valores en el parámetro de conductividad son indicadores de un alto contenido de sales en las aguas extraídas de los pozos, lo que con lleva a su clausura y abandono, agravando el problema de la falta del recurso hídrico en esa región. De ahí la importancia de determinar si los acuíferos están siendo contaminados por intrusión salina y, si es así, cuál es el área afectada o, si el contenido de sales en las aguas provenientes de los pozos se debe a la composición de las rocas que conforman los acuíferos.

Esta investigación por lo tanto pretende determinar:

¿Cuál es el origen de los altos valores de conductividad eléctrica en las aguas del acuífero de Colorado de Abangares?

El fin es definir las medidas adecuadas para la protección del acuífero y definir nuevos sitios para la perforación de pozos para la extracción de agua de buena calidad, que contribuya a satisfacer la demanda de agua potable de la población creciente en esta zona.

1.2 Ubicación geográfica del área de estudio

La zona de estudio se localiza en la región NW de Costa Rica, limitando en su borde sur con el Golfo de Nicoya. Más específicamente la zona de estudio se localiza en el sector sur de la hoja topográfica Abangares 1:50 000 del IGN, en los alrededores del distrito de Colorado, perteneciente al cantón de Abangares, provincia de Guanacaste, entre las coordenadas CRTM-05: 1133 492,8 N / 366 696,180 E – 1133 472,3 N / 387 698,4 E – 1121 491, 2 N / 366 684,7 E y 1121 471, 4 N / 387 686,8 E (Lambert Norte: 248 000 N / 403 000 E - 248 000 N / 424 000 E – 236 000 N / 403 000 E y 236 000 N / 424 000 E) en donde se localizan las comunidades de Colorado, Peña Blanca, San Buenaventura, Higuerillas, Monte Potrero y Barbudal, entre otras (Figura 1).

Consiste en un área de 117 km², que limita al norte con los Cerros Zapotal y la Quebrada Piñuela, al oeste con el estero Papatular, al este con el Río Abangares y al sur con la zona de esteros que antecede al Golfo de Nicoya.

Topográficamente el área está formada por elevaciones mínimas de 0 m.s.n.m, representadas por las planicies localizadas junto a los esteros, al sur de la zona de estudio y por cerros de fuertes pendientes con elevaciones máximas de 350 m.s.n.m principalmente hacia el N y NW. (Figura 1)

Por su ubicación geográfica y características geológicas, esta zona se caracteriza por la presencia de actividades como la extracción de materiales por medio de canteras, para la producción de cemento, así como las salinas y camaroneras desarrolladas, principalmente, junto a la franja donde se encuentran los esteros y también constituye una zona turística, agrícola y ganadera.

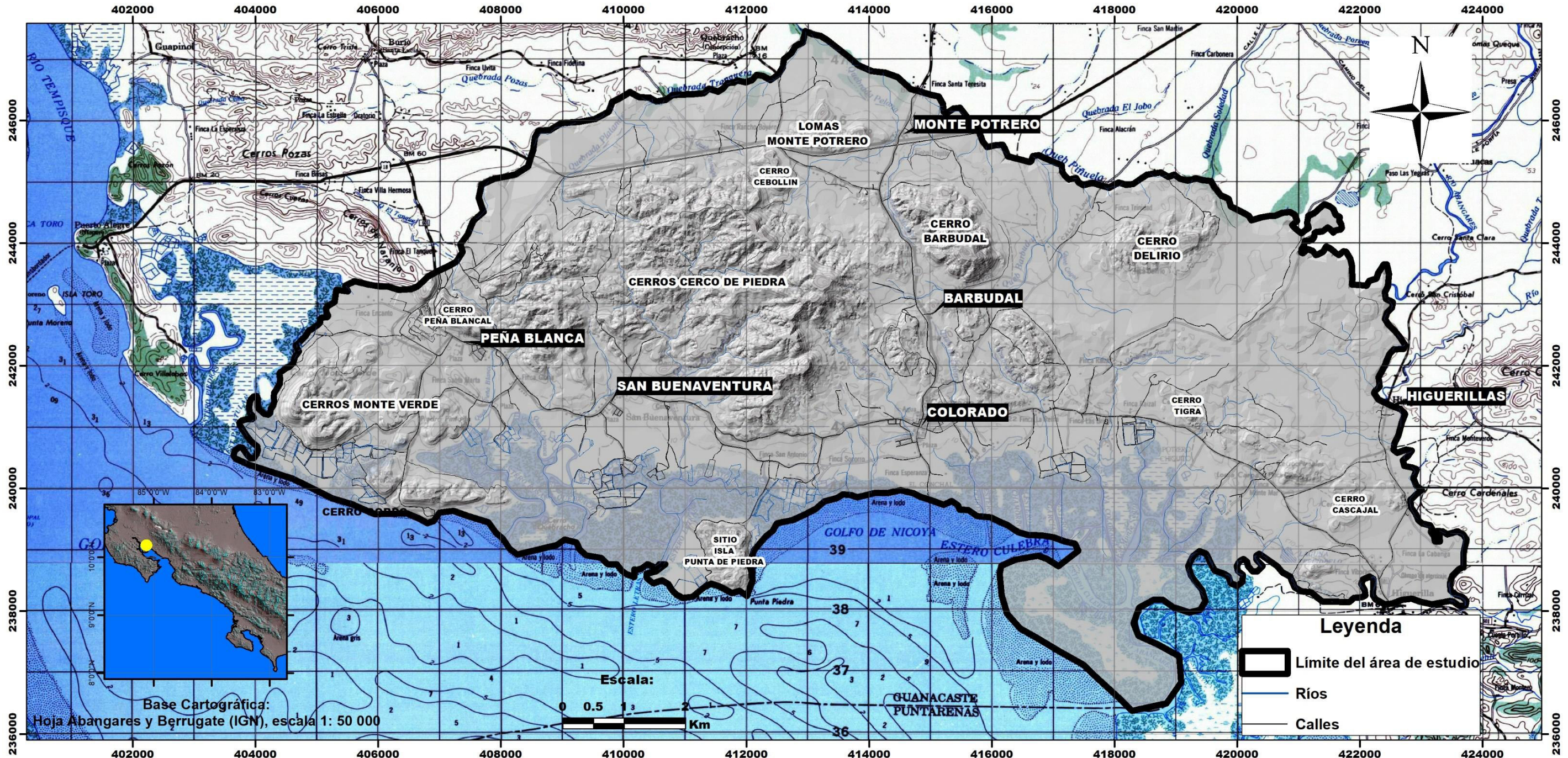


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio mostrando relieve.

2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La necesidad de estudiar hidrogeológicamente la zona de Colorado de Abangares y alrededores obedece a la problemática originada por la intensa sequía, así como por deficiencias en la gestión del agua en la provincia de Guanacaste que ya causa serios problemas de abastecimiento, aunado a la creciente demanda del recurso, producto del crecimiento poblacional en la zona y a los altos valores de conductividad eléctrica detectados, tanto en pozos privados como del AyA y de ASADAS.

De acuerdo con el X Censo de Población del 2011 (INEC, 2012), la comunidad de Colorado de Abangares cuenta con una población de 4 621 personas. La mayoría de ellas se abastecen de agua a través del acueducto de Colorado de Abangares, administrado de forma directa por el AyA (Tabla 2), pero también mediante ASADAS como las de Monte Potrero, San Joaquín, San Buenaventura y Peñas Blancas, cuya descripción de acueductos se presenta en la Tabla 3. Adicionalmente, mediante el trabajo de campo y el monitoreo mensual de pozos de la zona, se determinó que existe también una parte de la población que no cuenta con el servicio de agua potable suministrado por ninguna de estas entidades en cuyos casos se abastecen de agua por medio de pozos propios ya sean artesanales o perforados.

Tabla 2. Conformación del Acueducto del AyA en Colorado de Abangares
(Aquambiente, 2014)

Acueducto	Pozo	Caudal	Servicios
Barbudal	Barbudal 2	2 l/s	51
Colorado de Abangares	San Joaquín 1 y San Joaquín 2	8,5 l/s y 8,0 l/s	637
Higuerillas	Recibe aguas que son re-bombadas del Acueducto De Colorado de Abangares por gravedad	-	30

**Tabla 3. Conformación de las ASADAS en la zona de Colorado de Abangares y alrededores
(Información proporcionada por las ASADAS, 2018)**

ASADA	Pozos	Caudal	Servicios
Montepotrero	2	Pozo #1: 3,5 l/s Pozo #2: 4,5 l/s (no se encuentra en uso)	135
San Joaquín	2	Pozo #1: 3,67 l/s Pozo #2: 5 l/s	137
Peñas Blancas	1	2,74 l/s	95
San Buenaventura	2	Pozo #1: 5 l/s Pozo #2: 5 l/s	310

Específicamente, el acueducto del AyA, conformado por los acueductos indicados en la Tabla 2, beneficia a una población de 1 683 personas, equivalente a 718 servicios pertenecientes a las comunidades de Colorado, Barbudal, Raizal, Higuerillas y San Cristóbal.

Los pozos San Joaquín 1 y Barbudal no aportan el caudal suficiente para cubrir la demanda de la población existente y actualmente el pozo San Joaquín 2 se encuentra fuera de uso por la presencia de altas concentraciones de hierro y manganeso en el agua. Aunado a esto, algunos pozos privados ubicados en los alrededores han tenido que ser clausurados y abandonados debido a que se ha detectado en ellos altos contenidos de carbonatos y salinidad.

El conocimiento y caracterización de las condiciones hidrogeológicas de la zona mediante la definición de un modelo hidrogeológico conceptual del acuífero y la descripción de su comportamiento, contribuirá a un mejor manejo y protección del recurso hídrico, a la planificación del ordenamiento territorial y a una gestión integral sostenible. Esta información será útil tanto para las instituciones públicas (AyA), responsables de definir las políticas y proyectos de protección del recurso hídrico, como para las organizaciones y grupos interesados en su gestión adecuada.

2.1 Objetivo General

Caracterizar el sistema acuífero de Colorado de Abangares y alrededores, para definir un modelo hidrogeológico conceptual que permita determinar el origen de los altos valores de conductividad eléctrica en las aguas subterráneas de la zona de estudio.

2.2 Objetivos Específicos

1. Definir las diferentes unidades acuíferas existentes en el área de estudio para establecer el modelo conceptual del acuífero de Colorado de Abangares.
2. Caracterizar fisicoquímicamente el agua subterránea para establecer el origen de los elevados valores de conductividad eléctrica de las aguas subterráneas de Colorado de Abangares.

3 HIPÓTESIS DEL PROYECTO

Los altos valores de conductividad eléctrica en las aguas subterráneas de la región de Colorado de Abangares y alrededores se deben a la explotación del acuífero costero y a la influencia de las rocas que forman parte de la geología de la zona.

4 METODOLOGÍA

4.1 Tipo y Enfoque de la Investigación

El marco metodológico establece las estrategias utilizadas para resolver el problema de investigación y con base a esto, este estudio se puede clasificar como una investigación tanto documental como de campo. De campo, pues la investigación se realiza dónde está ocurriendo el fenómeno, en este caso, la presencia de elevados valores de conductividad eléctrica en las aguas para el consumo humano, por lo que se logra presentar la situación real existente, sin embargo también se realiza, como complemento de la investigación, una revisión, consulta y referencia documental, relacionada al tema y al sitio de estudio. También

se puede definir como correlacional ya que estudia la relación entre dos variables: dependientes e independientes, tratando de establecer la relación existente entre ellas.

Según la naturaleza de los datos, la metodología es tanto cuantitativa como cualitativa, ya que la recolección de la información se realiza mediante diferentes mediciones, principalmente de parámetros físico-químicos de las aguas (datos cuantificables), sin embargo, también se incluyen los procesos de observación, evaluación e interpretación de diferentes características (cualitativos), por lo que, se puede definir que en general, el enfoque del estudio es mixto.

4.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como técnicas de recolección de datos y sus respectivos instrumentos de recolección se consideran:

4.2.1. Revisión bibliográfica y documental en bibliotecas físicas y digitales así como en bases de datos de AyA, SENARA, Dirección de Aguas del MINAE).

4.2.2. Exploración de campo para el reconocimiento y descripción del área de estudio: formaciones geológicas, elementos estructurales, unidades geomorfológicas y actividades económicas desarrolladas en la región y que puedan resultar significativas al tema estudio. (Fotografía 1)



Fotografía 1. Proceso de localización y descripción de afloramientos de rocas en los alrededores de Colorado de Abangares.

4.2.3. Georeferenciación. Levantamiento de coordenadas, mediante el uso de GPS, de pozos, afloramientos rocosos, fallas geológicas, sitios y actividades de importancia para la investigación para su respectiva ubicación en los mapas.

4.2.4. Monitoreo. Mediciones mensuales de niveles de agua y parámetros físico-químicos (temperatura, conductividad eléctrica y pH) de una red de 36 pozos (tanto perforados como artesanales) establecida en la zona. La profundidad del agua se mide con sondas y los parámetros se determinan en el sitio tomando muestras de agua de los pozos directamente con un beaker o mediante un muestreador (bailer) e introduciendo un sensor en ella como, por ejemplo el del equipo HORIBA marca OAKTON, que puede medir al mismo tiempo los tres parámetros (Fotografía 2)



Fotografía 2. Medición de profundidad de niveles de agua en pozos y monitoreo de parámetros físico-químicos de las aguas de pozos de la red de monitoreo de la zona de Colorado de Abangares y alrededores.

4.2.5. Muestreo físico-químico. Recolección de muestras de agua en 16 pozos seleccionados de la red de monitoreo para el análisis de aniones y cationes presentes. La mayoría de pozos estaban equipados con bomba y en funcionamiento regular. Se realizaron 2 muestreos: uno en la época lluviosa

(junio del 2016) y otro en época seca (enero del 2017); en conjunto con personal del Laboratorio Nacional de Aguas del AyA, quienes se encuentran debidamente certificados y aplican los protocolos respectivos de muestreo con relación al uso y tipo de envases, aditivos, etiquetas, uso de hieleras para la preservación de las muestras, muestreadores y en general las metodologías de muestreo como bombear los pozos el tiempo suficiente para extraer tres veces el volumen del pozo y obtener una muestra representativa y enjuagar tres veces el beaker con el agua que se va a muestrear, así como enjuagar la sonda con agua destilada después de cada uso. (Fotografía 3)



Fotografía 3. Muestreo físico-químico en conjunto con el LNA del AyA. Se utilizan envases diferenciados con tapa roja que son los que contienen ácido para la conservación de las muestras de agua para el análisis de metales pesados.

4.2.6. Prospección geofísica. Consiste en la inyección de corriente eléctrica al subsuelo para determinar su resistencia y a partir de esto las características geológicas del medio. Se realizaron 102 Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs) para un total de 20 perfiles geofísicos y una Tomografía Eléctrica, distribuidos en sitios seleccionados de toda la zona de estudio. Los Sondeos Eléctricos Verticales consisten en dispositivos de cuatro electrodos, dos de esos electrodos (A y B) se utilizan para inyectar corriente en el suelo, lo que genera un campo eléctrico cuyo potencial es medido en el otro par de electrodos (M y N) (Fotografía 4). Por lo que, conociendo la corriente inyectada, el potencial

generado y la configuración de los electrodos, es posible calcular la resistividad aparente.

De acuerdo con Ingeofica Dos Mil (2016), en el caso de la Tomografía Eléctrica, el arreglo electródico utilizado es el Alfa Wenner. En este, los electrodos tanto de potencial como de corriente, tienen una separación equidistante durante la toma de mediciones, aumentando la separación después de cada barrido para aumentar la profundidad.



Fotografía 4. Equipo utilizado en la prospección geofísica realizada en la zona de Colorado de Abangares y alrededores.

4.3 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En general, posterior a la recopilación de la información en campo se realiza la descarga de los datos obtenidos o medidos de los equipos a hojas de Excel o directamente a los programas respectivos según el tipo de información que se vaya a analizar.

Como técnicas para el procesamiento, manejo, interpretación y análisis de datos y resultados, se utilizan programas especializados como Excel y Sistemas de Información Geográficos (SIG) como el ArcGIS, que integran y ayudan a una mejor visualización de los resultados de los diferentes parámetros físico-químicos obtenidos y datos medidos directamente del campo, lo que permite la elaboración de mapas y perfiles geológicos, hidrogeológicos y geofísicos de la zona. Para el caso del tratamiento y representación de los resultados de los análisis

químicos se utilizan gráficos y diagramas específicos para este fin, como, por ejemplo, los Diagrama de Piper y Schoeller, así como los programas IP2win y Qwseln para la interpretación de los ensayos geofísicos y elaboración de perfiles respectivos.

Toda la información obtenida de ensayos, mediciones y muestreos de campo se ingresan en una base de datos georeferenciada (SIG) con el fin de que sea localizada geográficamente y guardada digitalmente ya que, además de poder ser utilizada como referencia y base en otras aplicaciones y estudios, es importante para mejorar la visualización de la distribución de los resultados y el posterior análisis e interpretación de la información.

4.4 Variables y categorías

Las variables definidas para este estudio consisten en parámetros físico-químicos que se miden directamente en los pozos y aguas subterráneas como lo son: la composición química de las aguas, la conductividad eléctrica y el tipo de roca presente en la zona de estudio, que resultan factores determinantes para la comprobación de la hipótesis de este estudio ya que permiten relacionarlos con el origen de los altos valores de conductividad eléctrica presente en las aguas subterráneas de la zona de Colorado de Abangares y alrededores, lo que constituye el origen y propósito de esta investigación. En este caso se define como independiente a la variable de conductividad eléctrica y como dependientes las variables: composición química de las aguas subterráneas y tipo de roca presente en la zona.

4.4.1 Variable dependiente: Conductividad Eléctrica

Definición conceptual: la conductividad eléctrica se refiere a la capacidad del agua de conducir electricidad y se mide en $\mu\text{S/cm}$. Según Custodio & Llamas (1996), este parámetro aumenta tanto con el contenido de iones disueltos como con la temperatura (2% por $^{\circ}\text{C}$) por lo que es importante tomar una temperatura de referencia que generalmente es 18°C o 25°C .

Definición operacional: la medición en el campo de este parámetro se realiza mediante un conductivímetro portátil (Fotografía 5), con un error en general menor de 5%. (Custodio & Llamas, 1996)



Fotografía 5. Conductivímetro para la medición de la conductividad eléctrica

Categorías:

1. Sobre Valor Alerta
2. Bajo Valor Alerta

Indicadores:

1. Sobre Valor Alerta: $> 400 \mu\text{S/cm}$
2. Bajo Valor Alerta: $< 400 \mu\text{S/cm}$

4.4.2 Variable independiente: Composición química de las aguas subterráneas

Definición conceptual: Como se describirá con mayor detalle más adelante, las características físico-químicas y por lo tanto la composición química de las aguas subterráneas varían a lo largo de su tránsito por el ciclo hidrológico y nos dan una idea de cuáles han sido algunas de las principales reacciones y procesos por los que ha pasado. (Escuder et al., 2009)

Definición operacional: De acuerdo con (Escuder et al., 2009), la valoración de esta variable se realiza mediante un análisis físico-químico de una muestra de agua subterránea obtenida según protocolos de muestreo establecidos por la ASTM-D4448, (2013), en la cual se obtiene una descripción cuantitativa de sus componentes.

Categorías:

1. Clorurada y/o sulfatada cálcica y/o magnésica.
2. Bicarbonatada cálcica y/o magnésica
3. Clorurada y/o sulfatada sódica
4. Bicarbonatada sódica

4.4.3 Variable independiente: Tipo de roca

Definición conceptual: De acuerdo con Custodio & Llamas (1996), las rocas son el resultado de un agregado o asociación de un conjunto de minerales que a su vez presentan una composición química homogénea y determinada y con una estructura cristalina fija, y formado naturalmente en la corteza. Cada roca estará definida por la presencia de ciertos minerales y en proporciones distintas.

Definición operacional: La clasificación de las rocas se realiza primero a partir de su origen y posteriormente según los minerales que la conforman, esto haciendo uso de medios como la caracterización macroscópica y microscópica de sus componentes. Según esto, pueden diferenciarse según se hayan formado por cristalización de magmas en profundidad o en superficie, por la acumulación y consolidación de restos de rocas pre-existentes o por transformaciones de los dos tipos anteriores debido a temperatura, presión o cambios químicos. (Custodio & Llamas, 1996)

Categorías:

1. Ígneas: plutónicas (granitos, granodiorita, diorita y gabro) o volcánicas (riolita, dacita, andesita, basalto, etc) (Custodio & Llamas, 1996)
2. Sedimentarias: detríticas (conglomerados, areniscas, limos o arcillas) o químicas (calizas) (Custodio & Llamas, 1996)

5 ANTECEDENTES

En relación con los antecedentes de investigaciones efectuadas en la zona de Colorado de Abangares y sus alrededores se determinó que, con respecto al estudio de la geología de la zona, existen varios trabajos realizados por estudiantes de la Escuela Centroamericana de Geología, como parte del curso denominado Campaña Geológica. Estos estudios se realizaron durante los años 1976, 1977 y 1978 y en general, consistieron en el levantamiento en campo, a escala 1:10 000, de las diferentes unidades litológicas y rasgos estructurales presentes en cada área estudiada, incluyendo como parte de la investigación, el análisis petrográfico de muestras y la definición de la estratigrafía de la zona.

Flores et al., (2003), realizan una publicación sobre la Geología y estratigrafía de la hoja Abangares, en la cual se exponen los resultados de varias modificaciones realizadas al concepto estratigráfico y cartografiado geológico propuesto por Rivier (1983) para la zona y además, elaboran el Mapa Geológico a escala 1:50. 000 de la hoja Abangares.

Ruiz (2006), realiza una investigación en los alrededores de la zona de Colorado de Abangares con el fin de localizar y analizar diferentes tipos de arcillas que puedan ser utilizadas para neutralizar los efectos del azufre en el proceso de la fabricación del clinker de la empresa CEMEX, para lo cual se realizó una actualización del cartografiado geológico de un sector de la zona de Colorado de Abangares.

Más recientemente, Denyer et al. (2014), presentan la Cartografía Geológica de la Península de Nicoya, en la que se realiza el cartografiado, recopilación, re-evaluación, re-interpretación y síntesis de una serie de datos e información existente de investigaciones realizadas en esa región y además, se incluyen todos los mapas geológicos a escala 1: 50. 000 que conforman la zona, incluido el sector de Colorado de Abangares.

En el año 2016 y como parte del curso Práctica Geológica de la Escuela Centroamericana de Geología se realizó el cartografiado geológico y estructural, a escala 1: 25000, de la zona de estudio de este proyecto.

En el tema de la vulnerabilidad, intrusión salina y aplicación de métodos geofísicos en la hidrogeología en nuestro país, se han realizado muchas investigaciones y algunos de los primeros estudios sobre el tema de la intrusión salina se han realizado muy cerca del área de estudio de esta investigación, en el sector de la Península de Nicoya.

Uno de estos primeros estudios es el realizado por Protti (1981), quien hace un mapeo geológico de la planicie costera de Jicaral-Santa Rita, en la Península de Nicoya. Aplica los métodos geofísicos de resistividad eléctrica y sísmica de refracción con fines hidrogeológicos, determina las formaciones acuíferas presentes y elabora un mapa hidrogeológico preliminar.

Arellano & Vargas (2001) realizan una investigación de casos de contaminación por intrusión salina, en 24 acuíferos costeros del Pacífico Norte de Costa Rica, mediante la medición de valores de conductividad eléctrica en diferentes pozos ubicados en la zona de estudio. A partir de esto, logran detectar la presencia de intrusión salina en al menos 10 de los pozos de la zona producto de la sobreexplotación y consecuente disminución de la recarga de los acuíferos, obligando al abandono de las captaciones y la búsqueda de nuevas fuentes.

Arias (2002) presenta y describe la aplicabilidad de los métodos geofísicos de mayor uso en Costa Rica por medio de cuatro casos de estudio de acuíferos: el de Jacó, Isla del Coco, Sixaola y de un acuífero volcánico. Menciona que los dispositivos geoelectrónicos son los utilizados tradicionalmente en nuestro país y con su utilización además de la testificación geofísica, logra detallar aspectos litológicos e hidrogeológicos de cada uno de estos acuíferos.

Posteriormente, Arias et al., (2003) aplican métodos geofísicos como: testificación en pozos (resistividad eléctrica y temperatura), sondeos y pseudosecciones eléctricas, perfiles y mapas electromagnéticos (slingram y en el dominio temporal) para la evaluación de la problemática de la intrusión salina en acuíferos costeros de nuestro país, enfocado específicamente, en el caso de Jacó, en la provincia de Puntarenas.

Otro estudio en el cual se aplica el método de resistividad eléctrica es descrito por Murillo (2008), quien, mediante el uso del método de resistividad eléctrica con corriente continua,

obtiene un mayor detalle del modelo conceptual y la delimitación de la zona de dispersión salina del acuífero costero de Playa Panamá, en Guanacaste.

Monge (2015) realiza un estudio para definir, entre otras características, el modelo hidrogeológico y la vulnerabilidad de los acuíferos presentes en las cuencas de las playas Potrero y Brasilito, en Santa Cruz, Guanacaste. En esta investigación, la autora aplica dos metodologías: GOD (para determinar la vulnerabilidad del acuífero a contaminaciones desde la superficie) y el método SEA-GIndex para evaluar la vulnerabilidad de forma lateral debida a la intrusión de agua de mar.

Finalmente, como parte del curso de Práctica Geológica de la Escuela Centroamericana de Geología, Argüello et. al, (2016) realizan el cartografiado geológico a escala 1: 25000, de la zona de Colorado de Abangares y alrededores, donde reconocen, en el área de estudio las siguientes 9 unidades geológicas informales: Unidad de Basaltos sanos Lizarco, Unidad de Lutitas y Areniscas silíceas Los Almendros, Unidad Conglomerados El Chorro, Unidad Calizas Pavo Real, Unidad Areniscas y Lutitas Calcáreas Loma Danta, Unidad Areniscas y Conglomerados Calcáreos Cerco de Piedra, Unidad Calizas Peñas Blancas, Unidad Areniscas y Brechas Monteverde y Unidad de Depósitos Aluvionales, todas se correlacionan a 9 formaciones geológicas ya establecidas regionalmente.

Todas estas investigaciones anteriormente mencionadas se relacionan con esta investigación tanto por el contexto geográfico y geológico del área en estudio, como por el uso y aplicación de metodologías e instrumentos por lo que sirven como base y referencia para conocer y eventualmente reproducir o aplicar sus procedimientos, tipos y uso de instrumentos.

En la zona de Colorado de Abangares no existe una investigación documentada, sobre el origen de los altos valores de conductividad eléctrica en el sistema acuífero; de ahí su importancia.

5.1 Geología Regional

La región de la Península de Nicoya y sus alrededores ha sido ampliamente estudiada debido a la importancia que representa, pues constituye uno de los territorios más antiguos que conforman nuestro país, constituido por un basamento de origen oceánico y una secuencia sedimentaria relacionada, afectados por una serie de eventos estructurales.

Específicamente, en el área estudiada se encuentran los Basaltos del Complejo de Nicoya como basamento regional, así como las formaciones sedimentarias: Berrugate, Barbudal, El Viejo, Santa Ana, Curú, Barra Honda, Descartes y finalmente, los depósitos recientes e inconsolidados del Cuaternario tal y como se presenta en la figura 2, de Denyer et al., (2014).

A continuación, se describe cada una de estas formaciones.

5.1.1 Formaciones de origen ígneo

- **Complejo de Nicoya**

Definida por primera vez por Dengo (1962), como una serie de rocas volcánicas, intrusivas y radiolaritas formadas en un ambiente submarino, las cuales constituyen el basamento regional. El Complejo de Nicoya se divide en 5 litologías diferentes, basaltos, komatiitas, radiolaritas, intrusivos y plagiogranitos (Denyer et al., 2014). Para este trabajo se detallan únicamente los basaltos y las komatiitas pues son las litologías aflorantes en la zona de estudio.

-Basaltos

Caracterizados por tener textura afírica ó afanítica, compuestos de plagioclasa, augita, clorita, óxidos de hierro y titanio, con vetas de calcedonia, ópalo, ceolitas y en menor proporción de calcita. Se observan mineralizaciones de manganeso relacionados a jaspes amarillos y rojos (Denyer et al., 2014).

Consiste de flujos de basaltos masivos cruzados por fracturas y vetas de ceolita y algunas con cuarzo. Además, se encuentran estructuras de almohadillas, éstas muestran una corteza de hialoclastita fracturada. También se encuentran autobrechas o brechas de explosión de las almohadillas (Denyer et al., 2014).

-Komatiitas

Estas afloran principalmente a lo largo de una línea con rumbo NW de 14 km de largo y 1,5 km de ancho en el sector de Tortuga y en la hoja topográfica Juntas, donde se establece su estratotipo. Alvarado & Denyer (1997) asocian esta línea a la parte superior de un dique o a una colada alineada. Se encuentran intruidas por diques y además están sobreyacidas por los basaltos masivos del Complejo de Nicoya.

Denyer et al. (2014) las caracteriza como rocas de origen volcánico con textura porfirítica con fenocristales de olivino menores que 2 cm, sin embargo, en microscopía es donde se diferencian mejor de los basaltos, ya que además de una matriz microlítica con clorita y cristales de olivino, ortopiroxeno, clinopiroxeno, ilmenita y espinela rica en cromo, esporádicamente se encuentra la textura espinifex, que es característica en las komatiitas.

5.1.2 Formaciones de origen sedimentario

- **Formación Berrugate**

Definida por primera vez en Flores (2003), esta unidad aflora en las hojas topográficas Abangares, Berrugate, Golfo, Matambú y Venado en las cuales abarca un área de 10.4km². Su estratotipo se definió en la isla Berrugate (225890N /409660E). (Denyer et al., 2014)

Flores (2003) la describe como una secuencia de 10-30 m de brechas finas basálticas y areniscas gruesas a medias intercaladas con lutitas y areniscas finas verdes y negras, silíceas y bituminosas en la parte basal. Sobreyaciendo las brechas se encuentra una secuencia de 10-20 m de intercalaciones centimétricas a decimétricas de lutitas verdes silíceas con areniscas finas y medias verdes silíceas y horizontes de lutitas bituminosas; seguido de una secuencia

de aproximadamente 10-20 m de intercalaciones centimétricas de areniscas finas y medias verdes a gris verdoso calcáreas con lutitas gris verdosas calcáreas. En la parte superior se encuentran intercalaciones centimétricas de lutitas grises, cafés y calizas silíceas blancas.

Denyer et al. (2014) determinó un espesor máximo aproximado de 170 m al SE de los cerros San Pablo, presenta estratificación desde centimétrica a decimétrica donde los estratos suelen ser tabulares y continuos, presentan un plegamiento de leve a medio.

La formación Berrugate sobreyace inconformemente al Complejo de Nicoya y es sobreyacida por la formación Puerto Carrillo, sin embargo, en la hoja Abangares se infiere un contacto poco claro con las formaciones Curú y Barbudal (Denyer et al., 2014).

- **Formación Barbudal**

Definida por primera vez por Rivier (1983), esta formación aflora en el sector norte de Colorado de Abangares, y ciertos afloramientos esporádicos en la hoja Belén en las cuales cubre un área total de 0.4 km². Su estratotipo fue definido por el mismo autor en el tajo los Almendros y en algunas lomas al norte de Barbudal, ambas en la hoja Abangares (243700N /414450E y 243700N /414630E respectivamente).

La formación está constituida por un conglomerado de color morado rojizo, mal seleccionado con clastos subredondeados y subangulares de basalto con diámetro máximo de 20 cm, estos se encuentran en contacto interclasto y libre, en una matriz poco cementada que consta de arenas y barros rojizos; es característico observar brillo metálico en algunos clastos debido a la pátina de óxidos de manganeso. Por lo general se observa laminación paralela y gradación positiva (Rivier, 1983).

El mismo autor establece que se encuentra distribuida discontinuamente sobre el Complejo de Nicoya, a su vez le asigna espesor máximo de 100m. Según Denyer et al. (2014) esta formación se encuentra sobreyacida por la Formación Santa Ana.

- **Formación El Viejo**

Fue definida por Schmidt-Effing (1974). Denyer et al. (2014) indican que dicha formación aflora en las hojas topográficas Abangares, Carrillo Norte y Tempisque, abarcando un área de 0,1 km². El estratotipo fue definido por Schmidt-Effing (1974) en los cerros Ballena y Cebollín cercanos a la Hacienda El Viejo.

Calvo (1987) describe a esta unidad como sedimentos compuestos por calizas de rudistas y calizas bioclásticas de color predominantemente rojo, además menciona que se presentan en menor grado conglomerados y gravas constituidas por bloques y guijarros de rocas ultramáficas.

Denyer et al. (2014) mencionan que la Formación El Viejo se encuentra en contacto lateral con la Formación Piedras Blancas, se encuentra sobreyacida por la Formación Santa Ana y su miembro San Buenaventura y finalmente sobre yace a la Formación Barbudal.

- **Formación Santa Ana (Rivas)**

Consta de una litología variada donde se pueden encontrar lutitas tobáceas color pardo claro con estratificación en capas delgadas de un espesor de 300 m, además de lutitas calcáreas color gris verdoso, duras, con alternancias de lutitas silíceas y calizas arcillosas grises verdosas. Denyer et al. (2014) define a dicha formación por primera vez como Formación Santa Ana, donde aflora en las hojas topográficas Abangares, Belén, Matapalo y Tempisque en las cuales abarca un total de 1,8 km². Flores (2003) propone como estratotipo los Almendros, en la sección SE de Colorado de Abangares en la hoja Abangares y la fila del Machete y el cerro Coyolar en la hoja Belén.

Denyer et al. (2014) la describe como depósitos turbidíticos y de masa, compuestos por clastos de calizas pelágicas y abundantes fragmentos de rudistas, así como variables contenidos de clastos de basaltos y serpentinas.

Conformada por 20 m de conglomerados con clastos ígneos hasta de 50 cm, lutitas rojizas muy inclinadas y paquetes de areniscas medias a gruesas, color claro, cemento calcáreo con

intercalaciones de material más grueso y en la parte superior un nivel bioclástico gruesos, casi caliza. Las areniscas presentan buena selección y con alta bioturbación en los estratos superiores (Denyer et al. (2014).

Astorga (1987) caracteriza a esta unidad como sedimentos de origen turbidíticos de grano fino silicoclásticos, donde el sedimento es depositado en canales o en lóbulos dentro del sistema.

Según Denyer et al., (2014) autor esta formación sobreyace la formación El Viejo y subyace la formación Curú.

-Miembro San Buenaventura

Aflora en la hoja topográfica Abangares en la cual abarca un área total de 6.7 km². Su estratotipo se encuentra en la parte alta del antiguo tajo los almendros y el Cerro Cerco de piedra en la hoja Abangares.

Corresponde a 400 m de intercalaciones decimétricas a centimétricas de areniscas finas a medias gris-verdosa y lutitas de grises a negras calcáreas, las cuales presentan pliegues, lo que evidencia deformación sinsedimentaria, es posible encontrar dentro de los estratos de lutitas gris verdosas fósiles como bivalvos, gasterópodos y otros fragmentos de moluscos. Además se encuentran horizontes compuestos por estratos de areniscas negras calcáreas y calizas arenosas con fragmentos de rudistas y gasterópodos. Presenta estratificación decimétrica a centimétrica. (Denyer et al. 2014).

Según Denyer et al. (2014) este miembro es sobreyacido por el miembro Loma Danta de la formación Santa Ana, se encuentra en contacto lateral con la formación Piedras Blancas y sobreyace la formación El Viejo.

-Miembro Loma Danta

Aflora en las hojas topográficas Garza y Abangares en las cuales abarca un área total de 1,1km². Su estratotipo se encuentra en el pueblo San Buenaventura en la hoja Abangares (241400N /410250E y (241400N /409500E) (Denyer et al., 2014).

Según Denyer et al. (2014) la base del miembro está compuesta por 10 m de areniscas medias gris verdosas calcáreas en el sector de Cerro Congo, en el sector de Colorado de Abangares la base corresponde a una secuencia de 6-10 m de intercalaciones centimétricas de calcilutitas grises parcialmente silicificadas. Seguido de una secuencia de 2 a 5 m de calizas masivas con lentes de calcarenitas caracterizados por presentar fragmentos de corales, rudistas, Inoceramus y bivalvos, sucesivamente se encuentran 5 a 10 m de calizas arenosas con fragmentos de rudistas, Inoceramus, bivalvos y clastos angulares de lutitas silíceas y esporádicamente se encuentran lentes de calcarenitas.

Denyer et al. (2014) calculan un espesor máximo de 30 m a pesar de que no presenta espesores constantes, se encuentra masiva o en estratos continuos centimétricos a decimétricos.

Este miembro sobreyace al miembro San Buenaventura mediante un contacto erosivo y subyace al miembro Cerco de Piedra de la formación Curú y las secuencias turbidíticas de la formación Descartes mediante un contacto erosivo (Denyer et al., 2014).

- **Formación Curú**

Definida por primera vez por Astorga (1987), aflora a lo largo de las hojas topográficas Abangares, Berrugate, Cabuya, Cerro Azul, Garza, Golfo; Matambú, Río Arío, Talolinga, Tambor, Tempisque y Venado, en las cuales cubre un área de 556.9 Km². El estratotipo propuesto por el mismo autor corresponde a los acantilados de Punta Curú (196300N /435200E).

Corresponde a mezclas de arena y lodo y gravas en menor proporción, de origen volcanoclástico basáltico con abundancia de feldespatos, magnetita y ferromagnesianos en menor cantidad, y casi nula presencia de cuarzo. De la parte basal hacia la superior la composición pasa de basáltica a andesítica (Astorga, 1987).

Denyer et al. (2014) le agregan a esta formación el miembro Quebrada Pavas y el miembro Cerco de Piedra basados en la posición estratigráfica, composición litológica y la asociación de facies. El miembro Quebrada Pavas no se detalla en el presente trabajo.

-Miembro Cerco de Piedra

Sprechman (1982) la define como Formación Conglomerado Cerco de Piedra y establece su estratotipo en los cerros Cerco de Piedra en Colorado de Abangares. Denyer et al. (2014) la incluyen como el miembro superior de la Formación Curú. Aflora en las hojas topográficas Abangares, Berrugate y Garza, en las cuales cubre un área total de 18.1km².

Denyer et al. (2014) la describen como a una serie de conglomerados volcánicos, con un grado de selección que varía entre regular y mala, contiene fragmentos angulares a redondeados de hasta 30 cm donde predominan los andesíticos, de calizas y pedernales; todo esto en una matriz arcillosa a limo arenosa con cemento calcáreo (Sprechmann, 1982).

En la parte inferior del miembro predominan los conglomerados volcánicos y en la parte superior predominan las areniscas conglomerádicas mal seleccionadas con matriz arenosa-lutítica. Los bloques andesíticos que se encuentran en los conglomerados corresponden con andesitas gris oscuras con textura afanítica porfirítica y en las cuales es posible encontrar estructuras fluidales, las calizas observadas cumplen con la descripción de las calizas de Barra Honda (Rivier, 1983).

Según Denyer et al. (2014) sobreyace discordantemente con un contacto de origen erosivo al Miembro Loma Danta de la Formación Santa Ana, se encuentra sobreyacido o en contacto lateral con las calizas de la Formación Barra Honda; también es sobreyacida por el Miembro Zapotal de la Formación Descartes y en la Formación Arío en la hoja Garza. Estos contactos se caracterizan como transicionales y definidos por una zona de intercalación de calcilutitas con areniscas conglomerádicas.

- **Formación Barra Honda**

La Formación Barra Honda fue definida por Dengo (1962), aflora en las hojas topográficas Abangares, Matambú, Matapalo, Talolinga y Tempisque, con un área de 58,1 km², el estratotipo de esta formación se encuentra aflorando en los cerros de Barra Honda, en el trayecto entre Barra Honda y la cima de los cerros con el mismo nombre (Denyer et al., 2014), esta formación da origen a los relieves kársticos (Flores, 2003).

Dengo (1962) divide esta formación en dos secciones, la parte inferior está compuesta por calizas pobremente estratificadas, color blanco amarillento, fina y alta dureza, la secuencia superior se compone de una secuencia bien estratificada de calizas, con textura homogénea fina del mismo color. Se compone de fragmentos de erizo, algas, esponjas, bryozoos, radiolarios y foraminíferos. La segunda subunidad de la formación se trata de una caliza maciza se encuentra en la parte sur del Cerro Barra Honda y el oeste del Cerro Corralillo.

La parte inferior de esta formación presenta un espesor de 100 m y la parte superior de 250 m, con estratificaciones centimétricas a métricas. (Denyer et al., 2014).

La Formación Barra Honda se encuentra sobreyacida de forma discordante por los sedimentos de la Formación Curú, también sobreyace tectónicamente a la Formación Sabana Grande y al Miembro Zapotal, Formación Descartes (Denyer et al., 2014).

- **Formación Descartes**

Definida por primera vez por Astorga (1987), antes conocida como Formación Brito. Su estratotipo se encuentra en el área de Punta Descartes y en los acantilados de la Península de Santa Elena.

Las calcarenitas de color café amarillento a gris se presentan como intercalaciones dentro de las calcilutitas o de las tobas finas, se encuentran estratificadas, con gradación positiva; los granos son subredondeados y subangulares, compuestas principalmente de plagioclasas y fragmentos de rocas volcánicas con microfósiles. En cuanto a las tobas finas verdosas, el autor describe que se encuentran bien estratificadas, con intercapas arcillosas, son impermeables, de grano muy fino y suelen presentar pátina naranja amarillento, las tobas conglomerádicas verde oliva se caracterizan por tener clastos subredondeados y subangulares mal seleccionados de rocas volcánicas con tamaño entre 2 mm a 3 cm, también presentan clastos de calcilutitas. (Rivier, 1983).

Según Rivier (1983) es muy usual encontrar estas litologías con grados de silicificación secundaria muy altos.

Astorga (1987) la describe como una unidad compuesta por turbiditas de composición volcanoclástica y carbonatada con aporte de detritos de andesita y carbonatos, con edad Paleoceno superior al Eoceno Superior y Oligoceno Inferior.

Denyer et al. (2014) define que está compuesta principalmente por areniscas y lodolitas color pardo y gris verdosas, caracterizadas por tener componentes volcánicos, buena estratificación y poco seleccionadas.

-Miembro Zapotal

Astorga (1987) y Sprechmann et al., (1993) la toman como parte de la formación Descartes al igual que Flores (2003).

Según Astorga (1987), consta de sedimentos turbidíticos y de sedimentos carbonatados abarcando un área total aproximada de 119,6 Km². Denyer et al. (2014), establece la localidad tipo de este miembro en los cerros Zapotal ubicados en Colorado de Abangares.

Rivier (1983) lo determina como calcilutitas gris oliva, bien estratificadas en alternancia con calcarenitas y tobas finas, se presentan en capas de 1cm hasta de 2 m de espesor. El mismo autor añade que cuando la roca se encuentra sana es muy densa, clara suele presentar fractura concoide, pero por procesos de disolución puede perder composición calcárea.

En la isla Chira, se describen 450 m como intercalaciones centimétricas de arenisca finas y gruesas calcáreas con laminación paralela y estructuras de carga, luego 250 m de intercalaciones centimétricas de arenisca finas y medias calcáreas con lutitas grisáceas con un color característicos de meteorización rojizo, seguido de 350 m de intercalaciones centimétricas de lutita y areniscas silíceas finas de color crema y color producto de la meteorización rojizo y finalmente 1 km de intercalaciones centimétricas de areniscas finas silíceas, lutitas calcáreas y areniscas de finas a medias calcáreas; cabe mencionar que es común que estas secuencias sedimentarias presentan plegamiento sinsedimentarios.

El espesor de esta unidad corresponde con 2000 m, según Flores (2003). Denyer et al. (2014) indican que la estratificación en esta formación es de centimétrica hasta decimétrica, la roca debido a la deformación sinsedimentaria tienden a tener plegamiento leve a moderado.

Esta unidad sobreyace con un contacto transicional al Miembro Cerco de Piedra y de forma también concordante es sobreyacida por la Formación Barra Honda (Flores et al., 2003b).

- **Depósitos inconsolidados del Cuaternario**

Según Rivier (1983) en el área de estudio el Cuaternario se divide en aluviones y coluvios. Los aluviones de la zona suelen ser de poco espesor debido a que el poder de acarreo de las quebradas es casi nulo, los coluvios de tamaño considerable se encuentran al pie de las paredes de calizas y recubren las pendientes constituidas por las turbiditas de la Formación Rivas, que según la nueva propuesta estratigráfica que Denyer et al. (2014) plantea, corresponde a la Formación Santa Ana.

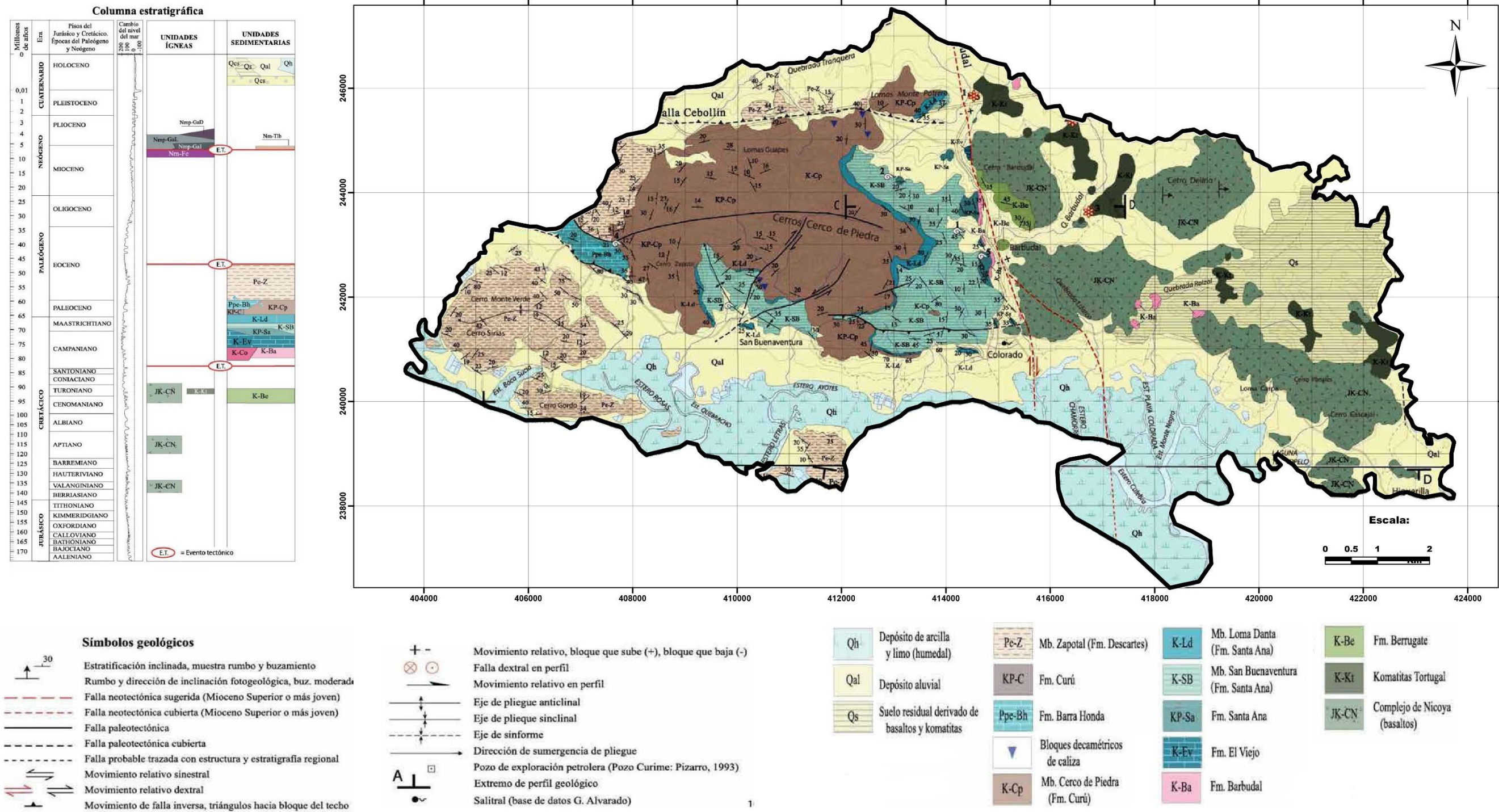


Figura 2 Mapa Geológico Regional de la zona de Colorado de Abangares y alrededores. (Modificado de Denyer et al., 2014)

6 MARCO CONCEPTUAL

6.1 Composición química de las aguas subterráneas

De acuerdo con Custodio & Llamas (1996), en un agua subterránea natural la mayoría de las sustancias disueltas se encuentran en estado iónico y algunos de estos iones se encuentran presentes casi siempre, por lo que su suma representa casi la totalidad de los iones disueltos. Estos son los iones fundamentales y a partir de los cuales se establecen las características químicas e hidrogeoquímicas de las aguas (Tabla 4).

**Tabla 4. Iones fundamentales que componen las aguas subterráneas.
(Tomado de Custodio & Llamas, 1996).**

Aniones		Cationes	
Cloruro	Cl^-	Sodio	Na^+
Sulfato	SO_4^-	Calcio	Ca^{2+}
Bicarbonato	HCO_3^-	Magnesio	Mg^{2+}

Los otros iones y sustancias disueltas se encuentran en cantidades muy pequeñas por lo que se denominan iones menores. Los iones menores más importantes y que se encuentran en concentraciones entre 0,01 y 10 ppm son: NO_3^- , CO_3^- , K^+ , Fe^{2+} , NO_2^- , F^- , NH_4^+ y Sr^{2+} , mientras que en concentraciones de 0,0001 y 0,1 ppm se encuentran los iones menores: Br^- , S^- , PO_4^{3-} , BO_3H^{2-} , NO_2^- , OH^- y I^- (aniones) y los cationes Fe^{3+} , Mn^{2+} , NH_4^+ , H^+ y Al^{3+} .

La composición química del agua subterránea va a depender del tipo de roca a través de la cual fluye el agua (Appelo & Postma, 1999), debido a la interacción de ésta con los minerales constituyentes de las rocas, pero también, es un indicador de los procesos que ha sufrido el agua desde que se infiltró hasta que sale a la superficie, de los procesos de mezcla y contaminación, por lo que su caracterización permite establecer las relaciones entre la composición, distribución y circulación del agua de los acuíferos y la geología, mineralogía

y sistemas de flujo de éstos. (Escuder et al., 2009). En la Tabla 5 se indican los minerales que dan origen a la presencia de algunos elementos, así como otras posibles fuentes y el rango de concentración que se esperaría en aguas dulces.

Tabla 5. Origen de elementos y rangos normales de concentraciones en aguas dulces no contaminadas (Modificado de Appelo & Postma, 1999 y Custodio & Llamas, 1996)

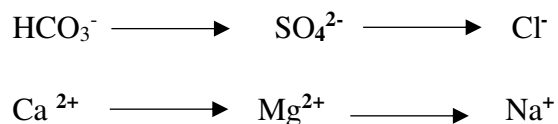
Elemento	Concentración (mmol/l)	Origen
Na ⁺	0,1-2	Feldespatos, silicatos, disolución de sales, zeolita, lavado de sedimentos de origen marino, mezclas con agua de mar, atmósfera, concentración del agua de lluvia, contaminación urbana e industrial
K ⁺	0,01-0,2	Feldespatos, silicatos (micas, arcillas), aguas de lluvia, contaminación industrial, minera y agrícola (abonos)
Mg ²⁺	0,05-2	Dolomita, serpentina, piroxenos, anfíboles, olivinos, micas, mezclas con agua de mar y contaminación industrial y minera
Ca ²⁺	0,05-5	Disolución de calizas, carbonatos, yeso, feldespatos, piroxenos, anfíboles, concentración de agua de lluvia,
Cl ⁻	0,05-2	Halita, atmósfera, concentración de agua de lluvia, lavado de terrenos de origen marino, mezclas con agua marina y algunos vertidos urbanos e industriales
HCO ₃ ⁻	0-5	Disolución de calizas, carbonatos, materia orgánica
SO ₄ ²⁻	0,01-5	Atmósfera, concentración de agua de lluvia, lavado de terrenos de ambientes marinos, disolución de yeso, sulfuros, algunas actividades urbanas, industriales y agrícolas
NO ₃ ⁻	0,001-0,2	Atmósfera, descomposición de materia orgánica, contaminación urbana, industrial y ganadera, abonos agrícolas
SiO ₂	0,02-1	Silicatos
Fe ²⁺	0-0,5	Rocas sedimentarias, silicatos, siderita, óxidos de hierro y sulfuros,
PO ₄ total	0-0,02	Materia orgánica y fosfatos

6.2 Evolución geoquímica de las aguas subterráneas

Según Custodio y Llamas (1996), las aguas subterráneas muestran una evolución en su composición química desde el momento que se produce la recarga hasta que surge en ríos, manantiales o pozos. En general, las aguas de circulación regional tienden a ir aumentando su mineralización hasta saturarse en los distintos iones. En el caso de los aniones, primero satura el ion HCO₃⁻ (incluso durante la infiltración), posteriormente satura el ion SO₄²⁻, mientras que el ion cloruro normalmente no llega a saturar. Con respecto a los cationes primero satura el ion calcio, a continuación el magnesio y el ion sodio normalmente no llega

a saturar. Debido a estos procesos es que el agua puede tener una composición muy diferente a la de la roca por la que circula.

La evolución normal de un agua de circulación regional es que sucesivamente vayan dominando los siguientes iones:



De esta forma, de acuerdo con Custodio y Llamas (1996) se supone que, en el agua infiltrada dominan los iones HCO_3^- y Ca^{2+} , mientras que el agua de mar se caracteriza por su bajo contenido en el ión bicarbonato. Por tanto, el principal indicador del establecimiento de un estado de intrusión marina es una rápida elevación del contenido del ión cloruro.

6.3 Acuíferos costeros

De acuerdo con López & Gómez (2007), un acuífero costero es aquella formación geológica capaz de almacenar agua y transmitirla, pero con la característica particular de que está conectado hidráulicamente con el mar.

En un acuífero costero, existe una relación de equilibrio natural entre el agua subterránea dulce del acuífero que descarga al mar y el agua salada de origen marino que lucha por ingresar tierra adentro y que generalmente lo hace en forma de cuña (Custodio & Llamas, 1996) (Figura 3.). La intrusión de esta cuña dependerá de las características del acuífero como: geometría, permeabilidad y nivel piezométrico y es función inversa al flujo de agua dulce que descarga al mar a lo largo de la costa (López & Gómez, 2007).

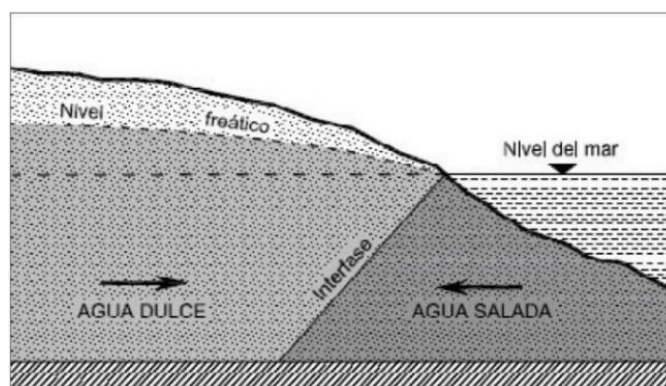


Figura 3. Diagrama que muestra el equilibrio agua dulce-agua salada.
(Tomado de López & Gómez, 2007)

6.4 Intrusión Salina

De acuerdo con Custodio & Llamas (1996) el equilibrio agua dulce-agua salada en los acuíferos costeros está en función del caudal de agua dulce vertido al mar, por lo que, el frente de agua salada avanza tierra adentro en los períodos de menor recarga del acuífero y retrocede hacia el mar cuando la recarga es mayor (López & Gómez, 2007). Por esta razón, si se ubican captaciones de agua muy cercanas a la costa, se reduce este flujo y por lo tanto debe establecerse una nueva posición de la interfaz, lo que origina una mayor penetración del agua del mar, sin embargo, cuando las extracciones superan la recarga, no se logra establecer un equilibrio, originando que el agua de mar entre lenta pero continuamente al continente hasta alcanzar las captaciones (Custodio & Llamas, 1996).

Custodio & Llamas (1996) denominan intrusión de agua salada al movimiento permanente o temporal del agua salada tierra adentro, a través del acuífero, desplazando al agua dulce, por lo que el agua captada en un acuífero costero se saliniza o contamina, cuando la zona captada se encuentra afectada por la mezcla de agua dulce y agua salada o sólo con el agua salada. Según Escuder et al., (2009), debido a su contenido de sales el agua de mar es más densa que el agua dulce y, por lo tanto, se ubicará por debajo de esta última ocasionando que, en la zona de contacto agua dulce-agua salada, la intrusión de agua salina tierra adentro ocurra en profundidad, formando una cuña de intrusión (Figura 3).

De acuerdo con Arellano & Vargas (2001), el fenómeno de la intrusión salina es muy frecuente en acuíferos mal manejados, tiene como consecuencia la pérdida de la calidad de las aguas subterráneas y ocurre, en gran parte, por la explotación intensiva e incontrolada de los acuíferos, producto del aumento en la demanda del recurso, así como también por procesos como la disminución en la recarga de los mismos.

Los mejores indicadores de la contaminación por intrusión marina son los iones Cl^- y el Br^- , que tienen un comportamiento conservativo, ya que cuando el agua salada invade terrenos antes en equilibrio con agua dulce, se puede aumentar el contenido en estos iones. (Escuder et al., 2009). Según Custodio & Llamas (1996), al tener el agua marina, el agua salada y el agua de mezcla de ambas, propiedades muy diferentes en cuanto a composición química, salinidad y pH, al haber desplazamientos de estas dentro del acuífero, se van a producir cambios físicos y químicos también en las zonas afectadas.

Así mismo, como mencionan Escuder et al., (2009), el agua dulce y el agua salada tienen composiciones químicas muy distintas, por lo que cuando se mezclan se encuentran desequilibradas en relación a los minerales dando origen a reacciones químicas para reequilibrar el sistema desde el punto de vista químico. Según los mismos autores, dentro de estas reacciones están las de precipitación/disolución que origina variaciones en la porosidad y conductividad hidráulica, variaciones que son muy frecuentes en ambientes y medios con presencia de rocas calizas como en el caso de este estudio.

6.5 Diagramas de Piper para la clasificación química de las aguas

Una forma de representar y visualizar los resultados de los parámetros químicos obtenidos de los muestreos de las aguas subterráneas es gráficamente a través de diagramas, que según Custodio & Llamas (1996), resultan muy útiles para realizar comparaciones entre diferentes análisis de un mismo lugar, como por ejemplo los Diagramas de Piper. Este diagrama representa la composición iónica de las aguas y consiste en dos diagramas triangulares equiláteros y uno romboidal central (Figura 4). En uno de los triángulos se representan las

concentraciones de los cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+) y en el otro las de los aniones (HCO_3^- , SO_4^{2-} , y Cl^-), cada uno de los vértices representa el 100 % de meq/L de un ión, un punto en el interior del triángulo indica el porcentaje presente de cada ión respecto del total de los tres, posteriormente se trasladan los dos puntos de cada triángulo hasta un punto de corte dentro del diagrama romboidal central. (Escuder et al., 2009). Las aguas de características químicas similares quedan agrupadas en áreas bien definidas, estableciéndose la clasificación en los siguientes tipos:

1. Bicarbonatadas sódicas.
2. Bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas.
3. Sulfatadas y/o cloruradas cálcica y/o magnésicas.
4. Cloruradas y/o sulfatadas sódicas.

Tal y como se muestra en la figura 4:

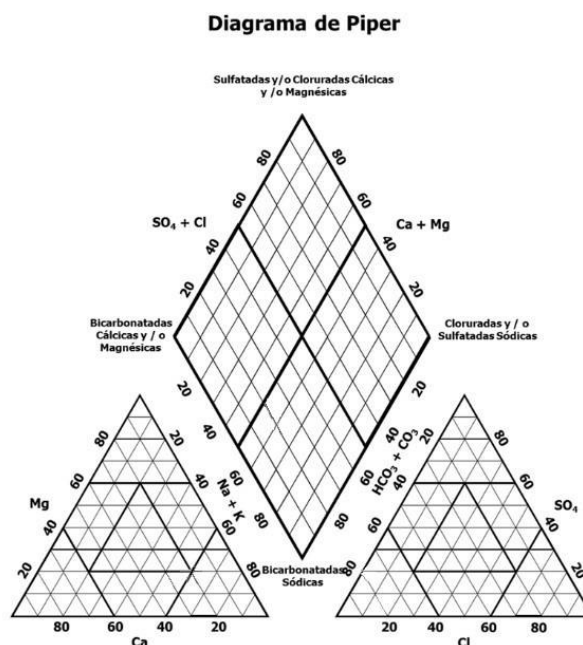


Figura 4. Diagrama de Piper para la clasificación química de los diferentes tipos de aguas

Esta clasificación de los tipos de aguas por sus iones permite, posteriormente, establecer una correlación con el origen.

6.6 Relaciones iónicas

De acuerdo con Escuder et al., (2009), la aplicación de relaciones iónicas en estudios hidroquímicos tiene como objetivo ayudar a identificar los aspectos relacionados con las reacciones que han tenido lugar en las aguas subterráneas como producto de las mezclas de diferentes aguas o la interacción agua-terreno, por ejemplo la determinación del origen continental o marino del agua subterránea, la identificación de procesos de disolución-precipitación, oxidación-reducción y de intercambio iónico, el origen del agua salina en acuíferos costeros, el sentido de la intrusión marina o determinar procesos de contaminación agrícola e industrial, entre otros. En la siguiente tabla se presentan algunas relaciones y su interpretación (Tabla 6).

**Tabla 6. Algunas relaciones iónicas y su interpretación
(Tomado y modificado de Escuder et al., 2009)**

Relación	Agua Continental	Agua Marina	Interpretación
rMg^{2+}/rCa^{2+}	0,3-1,5	≈ 5	≈ 1 : terrenos dolomíticos. >1 : silicatos magnésicos (basaltos, gabros). >1 y si aumenta: intrusión marina. Si a lo largo de una línea de flujo tiende a: 1. aumentar y aumenta el Cl^- : intrusión marina 2. aumentar: precipitación de $CaCO_3$ 3. disminuir: disolución de $CaCO_3$.
$rCl^-/rHCO_3^-$	0,1-5	20-50	Si a lo largo de una línea de flujo tiende a: 1. aumentar: mineralización, precipitación de $CaCO_3$ o intrusión marina 2. disminuir: disolución de $CaCO_3$.
rSO_4/rCl^-	0,2-0,4	0,11	Si a lo largo de una línea de flujo tiende a: 1. aumentar: intrusión marina o contaminación agrícola/industrial. 2. disminuir: reducción de sulfatos.
rNa/rK	1-1000	40-50	Origen continental o marino del K. Limitada si existe adsorción de Na o K

6.7 Conductividad eléctrica del agua y salinidad

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con (Custodio & Llamas, 1996), la conductividad eléctrica del agua se refiere a la capacidad del agua de conducir electricidad a través de iones disueltos por lo que este parámetro aumenta al aumentar la concentración de iones en el agua y también con la temperatura.

La salinidad es una medida de la cantidad de sales disueltas en agua y se relaciona con la conductividad porque la cantidad de iones disueltos aumenta los valores de ambas. De acuerdo con Custodio & Llamas, (1996), el ión Cloruro es el anión más abundante en el agua de mar, constituye una de las sales, en general, muy soluble, muy estable en disolución y muy difícilmente precipitable, no se oxida ni se reduce en aguas naturales, generalmente se asocia al ión Na^+ (catión más abundante en el agua de mar) principalmente en aguas salinas. En aguas dulces las concentraciones de cloruro normalmente se encuentran entre 10 y 250 ppm pero pueden encontrarse hasta miles de ppm, mientras que el agua de mar tiene entre 18 000 y 21 000 ppm (Custodio & Llamas, 1996). El agua marina no aporta cantidades significativas de HCO_3^- pero si de Cl, mientras que en el caso de las aguas continentales ocurre lo contrario. Según estos mismos autores, concentraciones del ión Cl^- mayores a 300 ppm le aporta un sabor salado al agua y contenidos más elevados le dan características corrosivas.

Elevados valores de salinidad también se pueden encontrar por iones disueltos como Sodio, Cloruro, Carbonato y Sulfato. (Custodio & Llamas, 1996)

6.8 Metodologías para el estudio y definición de la posición de la cuña de agua salada

Con el fin de determinar la ubicación y profundidad de la cuña o masa de agua salada presente en el acuífero de Colorado de Abangares y alrededores, se hacen ensayos geofísicos directamente en el campo, ya que permiten obtener parámetros físicos del subsuelo que orientan sobre la ubicación de masas de agua y específicamente también de aguas saladas.

Posteriormente, se aplican las fórmulas de Glover y Ghyben-Herzberg creadas como parte de los primeros estudios en intrusión marina realizados en el mundo.

6.8.1. Fórmula de Ghyben-Herzberg

Según Custodio & Llamas (1996), los primeros estudios sobre la relación agua dulce-salada se realizaron por Badon Ghyben (1889) y posteriormente por Herzberg (1901), quienes establecieron una fórmula para estimar la profundidad de la interfase salina. Ambos estudios se basan en el equilibrio estático de columnas de agua de diferente densidad y delimitan la zona afectada por la intrusión salina basado en tres hipótesis básicas:

- a) El flujo de agua dulce es perfectamente horizontal y por lo tanto el potencial es constante a lo largo de cualquier vertical.
- b) No existe flujo de agua salada
- c) La interfaz es brusca, no existe zona de mezcla

A partir de estas hipótesis se obtienen las fórmulas para la determinación de la profundidad de la interfaz, bajo el nivel del mar.

$$Z = \left(\frac{\gamma_{ad}}{\gamma_{as} - \gamma_{ad}} \right)$$

Considerando:

$$\gamma_{ad} : 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{as} : 1025 \text{ kg/m}^3$$

Z: 40 h (figura 5)

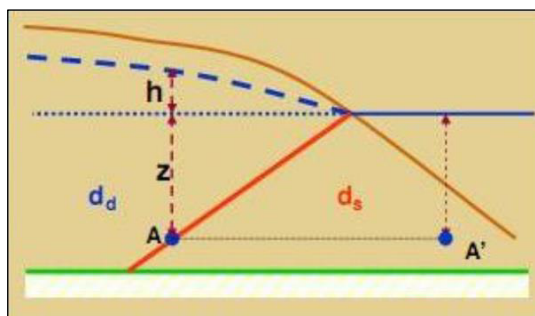


Figura 5. Esquema para determinar la profundidad de la interfase salina según las hipótesis de Ghyben-Herzberg (Tomado de SENARA, 2017)

Según esto, y de acuerdo con los mismos autores la interfaz se sitúa a una profundidad bajo el nivel del mar aproximadamente igual a 40 veces la cota del agua dulce sobre el nivel medio del mar y el punto máximo de ingreso de la cuña de agua salada (vértice de la interfaz) está limitada por el fondo impermeable del acuífero.

López & Gómez, (2007), mencionan que esta ley se cumple de forma más satisfactoria en las zonas alejadas de la costa, pues en las zonas cercanas a la costa se obtienen profundidades menores a las reales.

6.8.2. Método de Glover

De acuerdo con Escuder et al., (2009), esta metodología se basa en dos hipótesis simplificativas además de las de Ghyben-Herzberg:

- a) El acuífero es cautivo y el techo coincide con el nivel del mar
- b) El acuífero es de gran espesor por lo que la cuña de agua salada no toca la base del mismo

Resultando en la fórmula de Glover:

$$X_0 = \frac{-Gq}{2K}$$

$$Z = \frac{Gq}{K} + \sqrt{\frac{2Gqx}{K}}$$

$$h = \sqrt{\frac{2qx}{GK}}$$

$$G = \frac{\gamma_{ad}}{\gamma_{as} - \gamma_{ad}}$$

Donde, según la figura 6:

G: Relación agua dulce-agua salada (γ :densidad en kg/m^3)

K: Conductividad hidráulica (m/d)

X: Distancia desde la línea de costa al pozo (m)

q: Descarga al mar ($\text{m}^3/\text{d}/\text{m}$)

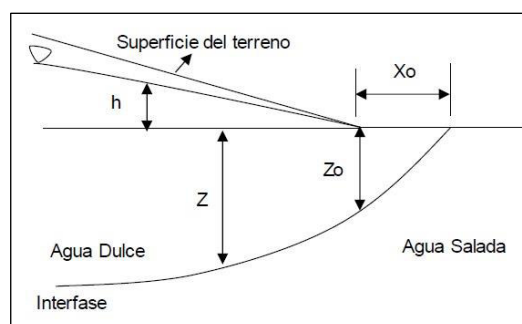


Figura 6. Esquema para determinar la profundidad de la interfase salina según Glover (Tomado de SENARA, 2017)

Según el mismo autor, la fórmula de Glover puede aplicarse en acuíferos libres con gradiente piezométrico pequeño y cuando la pendiente del terreno bajo el mar es pequeña.

6.9 Métodos Geofísicos

En general, los métodos geofísicos estudian las propiedades físicas de la sub-superficie del medio y se pueden clasificar en dos tipos: Pasivos y Activos. Los métodos pasivos detectan variaciones en características naturales de la Tierra como lo son: el campo gravitacional y el magnético, es decir, no se introduce ninguna perturbación en el terreno mientras que, en el caso de los activos, si se realiza una perturbación en el terreno pues se generan, artificialmente, señales que son transmitidas al suelo y que son características de cada material por el que viajan (Reynolds, 1997).

Según Arias (2002), en el caso de la exploración de las aguas subterráneas, los métodos geofísicos actúan como métodos indirectos ya que, a partir de parámetros físicos del subsuelo, ayudan a orientar la localización de las zonas en las que una formación geológica presenta las condiciones más favorables como reservorio de aguas subterráneas.

En el caso de este estudio, los métodos utilizados se clasifican como activos pues se aplican señales al subsuelo que brindan información específica según las características geológicas del medio; más específicamente, se aplican métodos de prospección eléctrica.

De acuerdo con Arias (2007), la geoeléctrica consiste en la inyección de corriente eléctrica al subsuelo para determinar su resistencia por medio del potencial generado. Esta resistencia se transforma en resistividad aparente a partir de una constante cuyo valor final dependerá del dispositivo utilizado y de la separación de los electrodos, tanto los de inyección de corriente (A, B), como los de medición de potencial (M, N).

Según Escuder et al., (2009) los métodos eléctricos proporcionan registros del subsuelo en términos de resistividades y es posible correlacionar diferentes rangos de éste parámetro a diferentes litologías, sin embargo, la resistividad de las rocas depende de muchos factores (composición, porosidad conectada, tipo de fluido, fisuración, etc.) por lo que es importante la correlación con otro tipo de información geológica para la identificación de los materiales.

En la Tabla 7, se presentan algunos valores de resistividad para diferentes materiales según Reynolds (1997). De acuerdo con esto, las rocas ígneas tienden a tener las resistividades más

altas mientras que, por sus características, las rocas sedimentarias tienden a mostrar valores de resistividad intermedias.

Tabla 7. Valores de resistividad para algunos materiales según Reynolds (1997)

Material	Resistividad (Ωm)
Basaltos	$10 - 1.3 \times 10^7$
Lutitas consolidadas	$20 - 2 \times 10^3$
Conglomerados	$2 \times 10^7 - 10^4$
Areniscas	$1 - 7.4 \times 10^8$
Calizas	$5 \times 10 - 10^7$
Arcillas	$1 - 10^2$
Aluviones y arenas	$10 - 8 \times 10^2$
Arena y Grava	30-225

6.9.1 Metodologías aplicadas en la investigación Geofísica

En general, estas metodologías permiten obtener un mayor detalle tanto de las características de los materiales y estructuras presentes en el subsuelo de la zona de estudio, como de la zona de intrusión salina.

6.9.1.1 Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs)

El sondeo Eléctrico Vertical (SEVs) utiliza 4 electrodos geoelectricos (A, B, M, N), el centro del dispositivo (o) es fijo y el espaciamiento entre electrodos se va aumentando para obtener información cada vez a mayor profundidad. La variación de su ubicación y distancia dan origen a diferentes dispositivos. En el caso de los SEVs, la interpretación de los datos obtenidos supone que el subsuelo consiste en capas horizontales, homogéneas e isotrópicas por lo que la resistividad del suelo variará solo en profundidad, mientras que presenta limitantes para determinar variaciones laterales. (Arias, 2007).

- **Dispositivo Schlumberger:** según Arias, (2007) en este dispositivo la relación AB/MN se debe mantener lo más grande posible y $4 \leq AB/MN \leq 20$ y se cambia la línea MN cuando la diferencia de potencial es muy pequeña. Generalmente, entre dos medidas sucesivas es necesario desplazar solamente un par de electrodos. De acuerdo con el mismo autor, este dispositivo es el más apropiado para la realización de los SEVs pues, entre otras características, modela correctamente el espesor teórico investigado y resulta favorable en el control de la calidad de la curva, la facilidad de manejo del equipo en el campo, así como en la cantidad de personal necesario para realizar el ensayo.

6.9.1.2 Perfiles de Tomografía Eléctrica

De acuerdo con Escuder (2009), consiste en una técnica de reciente implantación que se aplica en el estudio de las capas más superficiales del terreno. Las medidas se realizan de la misma forma que un SEV, en un perfil de medida definido, pero en este caso se coloca un número mayor de electrodos y se realizan consecutivamente un mayor número de mediciones en todas las combinaciones posibles cuatrielectródicas de forma que se obtiene una distribución de resistividades aparentes del terreno en una malla geométrica que se invierten para obtener el perfil de resistividad real del terreno y que representa una imagen más detallada del subsuelo. Esta técnica requiere la obtención de un número elevado de datos con un pequeño espaciado entre medidas para conseguir una resolución y profundidad adecuada.

En este estudio se utilizó un arreglo electródico tipo Alfa Wenner, en el cual los electrodos tanto de potencial como de corriente tienen una separación equidistante.

6.10 Modelo Conceptual

Custodio & Llamas (1996) señala que un modelo de un acuífero consiste en una representación simplificada del sistema real. Es un procedimiento analítico, matemático o

análogo que permite realizar una simulación de sus características generales y de comportamiento. Para poder definirlo se requiere de estudios hidrogeológicos por medio de los cuales se obtienen datos e información que permite la descripción de su geometría, propiedades físicas del medio, conocimiento de las leyes que rigen el movimiento del agua y las condiciones en los límites del sistema.

De acuerdo con Fetter (2001), el término modelo se refiere a una representación de un sistema real, sin embargo, en el estudio del sistema de flujo del agua subterránea se desarrollan modelos conceptuales que resultan menos complejos que un sistema real y son estáticos, es decir, representan la condición actual, pero son importantes y necesarios para entender el comportamiento del sistema de flujo del agua subterránea.

Según el mismo autor, todos los modelos empiezan con un modelo del flujo del agua subterránea, para lo cual se requiere de información sobre las características físicas del acuífero (localización, extensión, espesores de capas y acuíferos), así como de sus propiedades hidráulicas (transmisividad, coeficiente de almacenamiento, etc).

7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 Datos Climatológicos

Para la caracterización de la variación de las precipitaciones que se presentan en la zona de Colorado de Abangares y alrededores, se consideraron las dos estaciones meteorológicas de la Universidad de Costa Rica existentes en el sector S y SW de la zona de estudio, cerca del sector costero, que son: la ubicada en la Intendencia de Colorado de Abangares, en el centro de esa comunidad y la localizada en la Escuela Nuestra Inmaculada Concepción, en la Planta CEMEX, ubicada en la comunidad de Peña Blanca (Figura 7). Estas dos estaciones se encuentran en la zona de estudio y, además, a partir de los mapas de precipitación promedio anual de 1980 del IMN, se determina que la zona de estudio se encuentra dentro de un mismo rango de precipitación de 1500 a 2000 mm/añual.

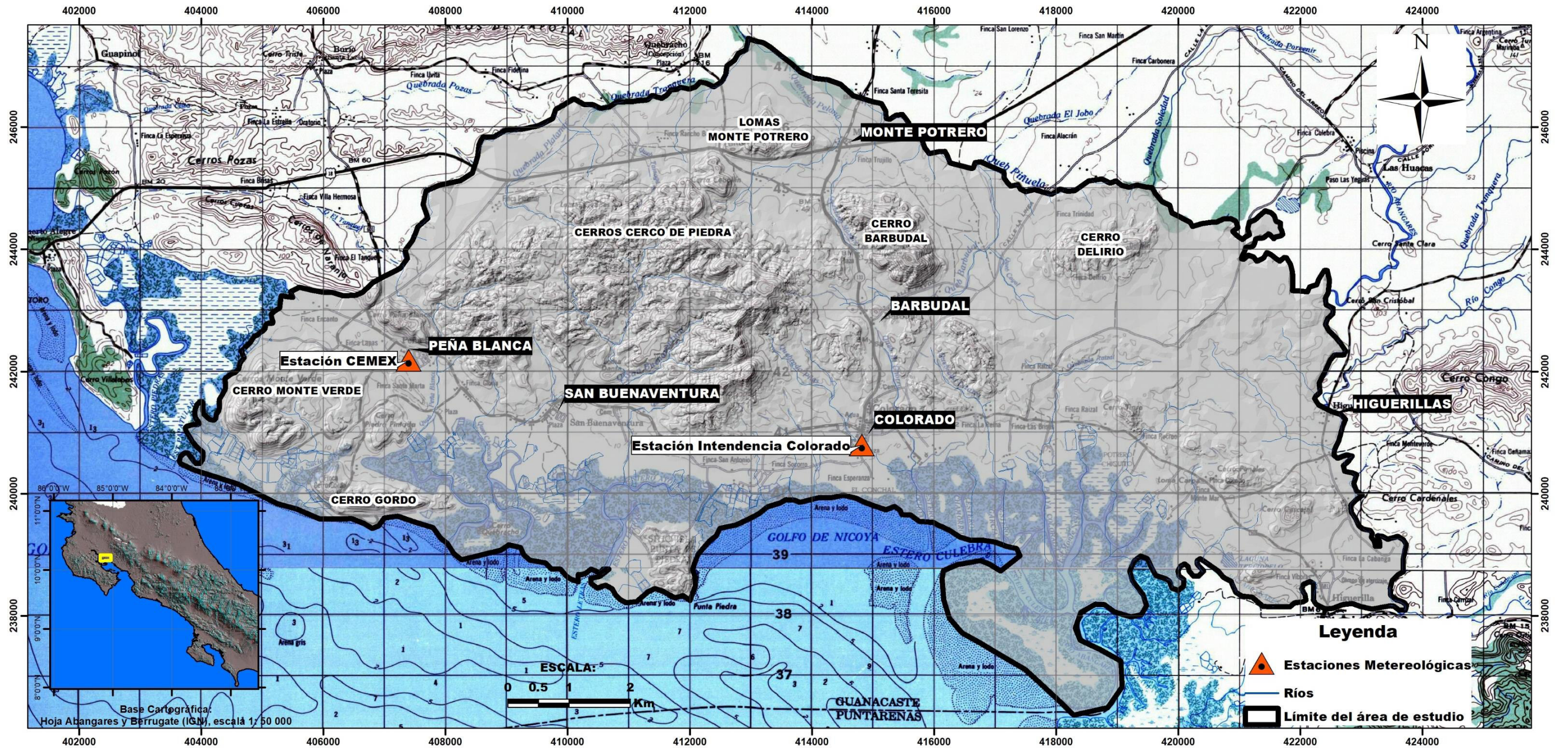


Figura 7. Ubicación de Estaciones Meteorológicas CEMEX y Colorado en la zona de Colorado de Abangares y alrededores.

A continuación se muestra la variación de los valores de las precipitaciones mensuales de los años 2014, 2015, 2016 y hasta mayo del 2017 en las dos estaciones utilizadas (Gráfico 1 y Gráfico 2).

7.1.1 Variación de las precipitaciones de la estación meteorológica de Colorado.

Estación: Intendencia de Colorado de Abangares (Figura 7 y Gráfico 1)

Elevación: 12 m.s.n.m

Actualización: cada minuto

Instalada desde el 28 de marzo del 2014.



Fotografía 6. Estación Meteorológica ubicada en la Intendencia de Colorado de Abangares (Coordenadas: 414 820 E y 240 792 N)

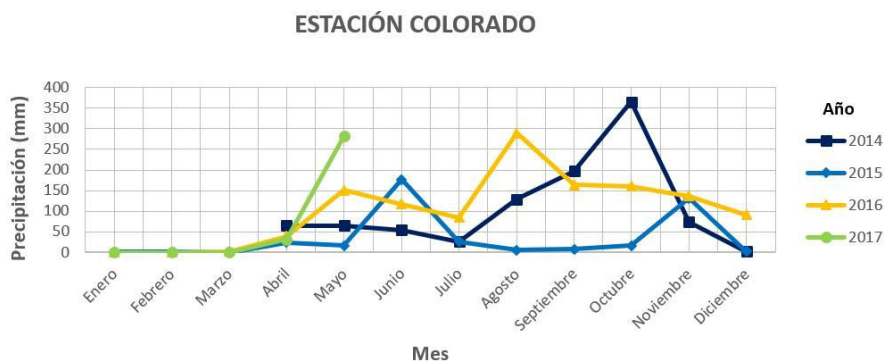


Gráfico 1. Variación mensual de la precipitación de los años 2014 a mayo del 2017 en la Estación de la Intendencia de Colorado de Abangares.

7.1.2 Variación de las precipitaciones de la estación meteorológica de CEMEX.

Estación: Escuela Nuestra Inmaculada Concepción en la Planta CEMEX (Figura 7 y Gráfico 2)

Elevación: 16 m.s.n.m

Actualización: cada minuto

Instalada desde el 17 de julio del 2014 mediante un convenio de cooperación entre CEMEX y la Universidad de Costa Rica.



Fotografía 7 .Estación Meteorológica CEMEX, ubicada en la Escuela Nuestra Inmaculada Concepción. (Coordenadas: 407 399 E y 242 181 N)



Gráfico 2. Variación mensual de la precipitación de los años 2014 a mayo del 2017 en la Estación CEMEX.

Como se observa en los gráficos de ambas estaciones, de los 3 años completos analizados (2014, 2015 y 2016), los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre son los que presentan las mayores precipitaciones, coincidiendo con la época de invierno en el país. Los valores más altos de lluvias se dieron en octubre del año 2014, con un máximo de 365,6 mm de lluvia medidos en la Estación de Colorado y 381,8 mm medidos en setiembre del mismo año en la Estación CEMEX. Por el contrario, los meses más secos son enero, febrero, marzo, abril y diciembre. En el año 2014 la sequía se extendió hasta el mes de julio de acuerdo con los datos de la Estación CEMEX. En la Estación de Colorado, durante el año 2015, prácticamente no se registran precipitaciones, a excepción de dos picos de lluvias durante los meses de junio y noviembre, mientras que, en ese mismo año, en la Estación CEMEX, a pesar de que llovió más, las precipitaciones fueron menores a los 200 mm durante todo el año, reflejando esto el Fenómeno del Niño que afectó al país durante ese año.

En ambas gráficas se indican los meses de realización de los 2 muestreos físico-químicos efectuados a las aguas de pozos seleccionados de la red de monitoreo. La relación entre las variaciones de las precipitaciones y los resultados de los muestreos físico-químicos se comentaran posteriormente.

7.2 Caracterización Geológica Local

Costa Rica, correspondientes a un basamento de origen oceánico que consiste en una secuencia ofiolítica basáltica más antigua al Campaniano-Santoniano compuesta por basaltos, diques, brechas de hialoclastita, rocas sedimentarias como las radiolaritas y rocas intrusivas. Afloran, además, algunos sedimentos que forman parte de la cobertura sedimentaria que cubre las rocas del Complejo de Nicoya, así como materiales no consolidados más recientes.

De acuerdo con Argüello et. al, (2016), se reconocen en el área de estudio 10 unidades geológicas informales, que se correlacionan a 9 formaciones geológicas ya establecidas, tal y como se presentan en la Figura 8. y Figura 9. En la figuras 10 y 11 se presentan los perfiles geológicos C-D y G-H, ubicados según se muestra en la Figura 9 y elaborados a partir de la

información de las bases de datos de pozos de SENARA y del AyA, del trabajo de campo y de la investigación geofísica realizada.

De la unidad más antigua a la más reciente se describen a continuación:

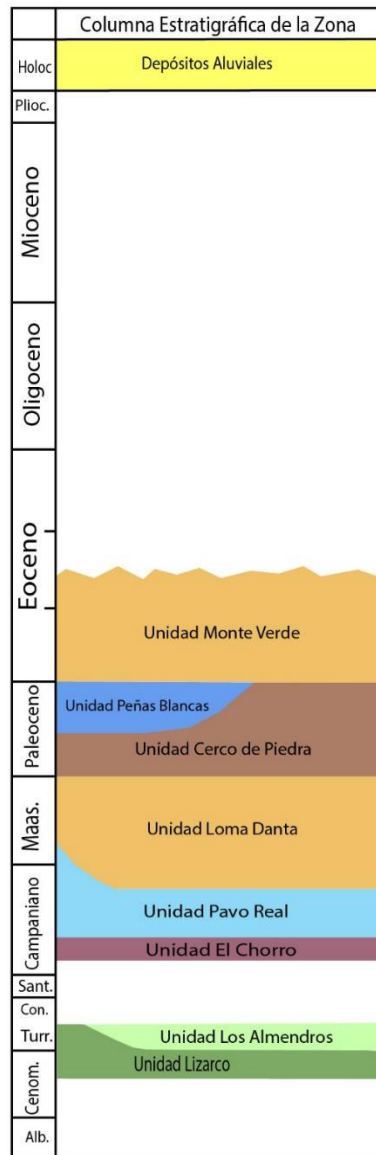


Figura 8. Columna Estratigráfica Local para la zona de estudio (Argüello et. al, 2016).

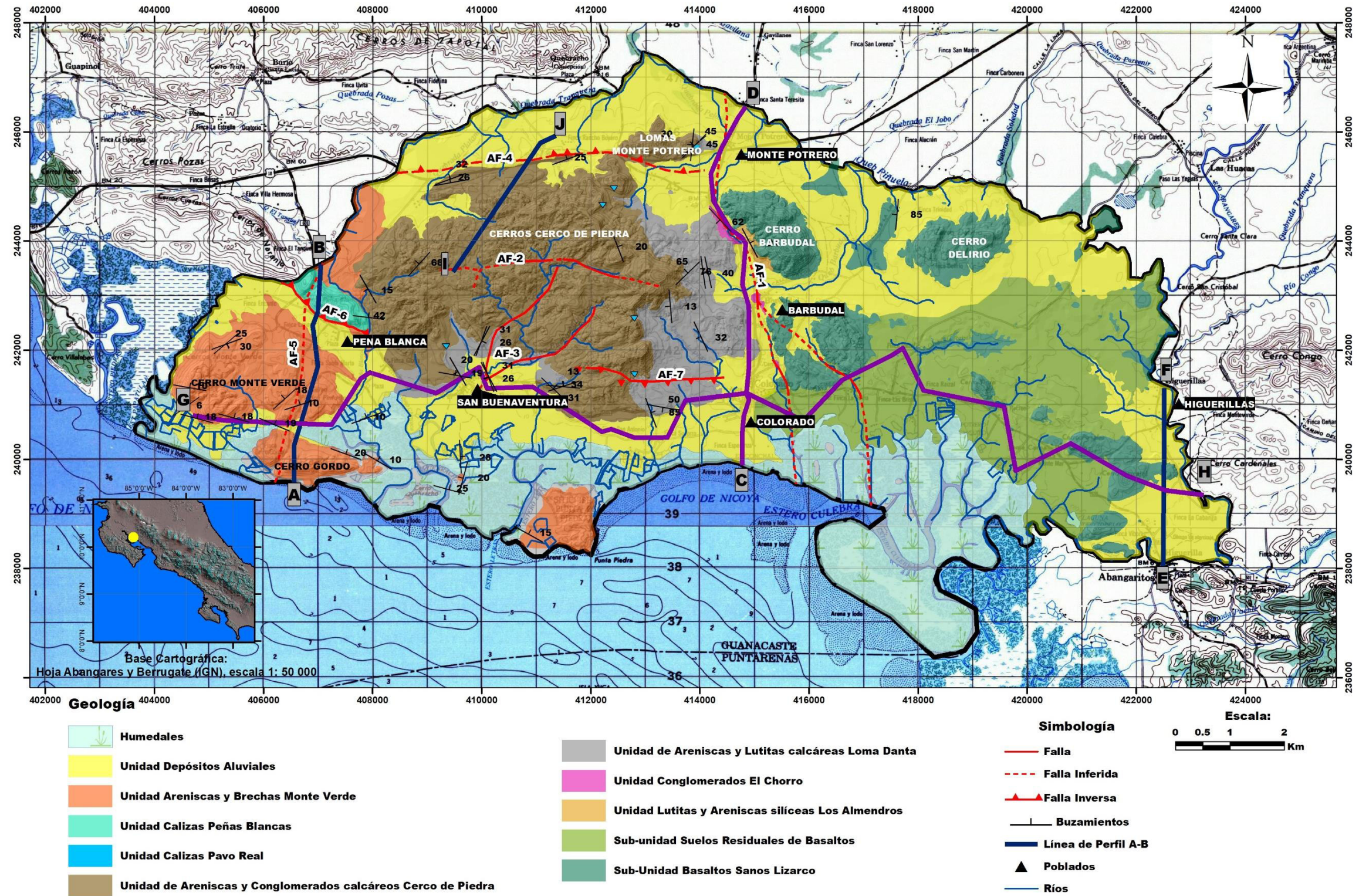


Figura 9. Mapa Geológico Local de la zona de Colorado de Abangares y alrededores. (Argüello et. al, 2016). Modificado de Denyer et. al., 2014).

7.2.1 Unidad Basaltos Lizarco (Argüello et. al, 2016)

7.2.1.1 Sub-Unidad Basaltos sanos Lizarco

Se encuentra aflorando en la zona este del área de estudio cubriendo 8,56 km² (Figura 9). Su localidad tipo corresponde a la quebrada Lizarco, en las coordenadas 416, 472 E / 241, 546 N y constituye la base de la secuencia geológica del área.

Consiste en bloques de composición basáltica de tamaño decimétrico a métrico que afloran en las cimas de lomas menores a los 20 m de altura, tal y como se puede observar en los alrededores del poblado de Higuierillas (Fotografía 8). Macroscópicamente presentan texturas desde afírica de color negro intenso, hasta afanítica porfirítica, con matriz de color negro verdoso y fenocristales de plagioclasa, hornblenda, piroxeno y olivino. Generalmente presentan un moderado a alto grado de meteorización, con pátinas características de color amarillo, verde o marrón claro y en ocasiones arcillas color verde claro. El grado de fracturamiento es moderado a alto pero las fracturas se encuentran rellenas de zeolita, sílice y calcita por lo que la permeabilidad secundaria se caracteriza como baja (Fotografía 9).



**Fotografía 8. Lomas de altura menor a 20 m donde afloran basaltos.
(Coordenadas: 419464E/ 241802N)**

Microscópicamente estas rocas presentan una textura holocristalina xenomórfica porfirítica con cristales de plagioclasa, opacos, augitas y olivinos, se encuentran muy fracturados y alterados a serpentina. Se clasifica como basalto con olivino (Anexo 1).

Esta unidad se correlaciona con los basaltos de origen oceánico del Complejo de Nicoya descritos por Dengo en 1962) y de edad más antigua que el Campaniano-Santoniano (Flores et al., 2003)



Fotografía 9 .Basaltos fracturados de la Unidad Basaltos sanos Lizarco en el Cerro Barbudal (Coordenadas: 416055E/243611N)

7.2.1.2 Sub-Unidad suelos residuales de basalto

Se encuentra hacia el sector este del área de estudio, en la zona ubicada entre los afloramientos de la Unidad Lizarco descrita anteriormente y cubriendo un área de 6,95 km² (Figura 9). Este suelo es generado por la meteorización de los basaltos y se caracteriza por su color marrón oscuro rojizo y por presentar un espesor no mayor a los 30 cm.

7.2.2 Unidad Lutitas y Areniscas silíceas Los Almendros (Argüello et. al, 2016)

Esta unidad se encuentra aflorando en un área muy localizada de 0,135 km² al Noreste de la zona de estudio (Figura 9). Su localidad tipo es la Finca Los Almendros ubicada en el sector suroeste del Cerro Barbudal.

Consiste en afloramientos masivos y en bloques de lutitas silíceas, color verde, con presencia de clastos verde oscuro, milimétricos y areniscas finas a gruesas silíceas de color verde, con clastos color verde oscuro (4mm) y rosados (4mm). Comúnmente se observan secuencias laminadas de una arenisca fina con tonalidad gris con espesores de 5-20 cm (Fotografía 10).

Microscópicamente la unidad corresponde con una lodolita volcanoclástica, con cristales de plagioclasa, cuarzo y calcita principalmente. Presenta fósiles de globotruncana. (Anexo 1)

Esta unidad representa la base de la secuencia sedimentaria de la zona de estudio y se correlaciona con la Formación Berrugate definida por Flores et al., (2003) de edad Cenomaniano Superior al Turoniano Inferior.



Fotografía 10 . Areniscas verdosas silíceas de la Unidad Lutitas y Areniscas silíceas Los Almendros aflorando en una quebrada intermitente en el Cerro Barbudal (Coordenadas: 414948E/242974N).

7.2.3 Unidad Conglomerados El Chorro (Argüello et. al, 2016)

Aflora en tres sectores con rumbo Norte-Sur en la parte central del área de estudio cubriendo un área de 0,150 km². Su localidad tipo se presenta en la zona de Barbudal en Colorado de Abangares, en las coordenadas 414, 336 E / 244, 365 N. (Figura 9)

Se presenta de forma masiva en algunos sectores y estratificada en otros, consiste de una rudita con una matriz de arenisca fina calcárea morada o marrón claro con clastos milimétricos a decimétricos, desde angulares hasta redondeados de areniscas medias calcáreas gris verdoso, areniscas finas calcáreas rojizas, lutitas calcáreas, basaltos de textura afírica color negro, andesitas afaníticas porfiríticas color gris, fragmentos de pedernales y otros líticos. Los afloramientos en general presentan un moderado grado de meteorización caracterizado por una pátina color marrón oscuro con tonalidades grisáceas, presencia moderada de fracturas que generalmente se encuentran rellenas por sílice. (Fotografía 11)

En sección delgada (Anexo 1), esta unidad se clasifica como una litoarenita feldespática compuesta por cuarzo autigénico, plagioclasa, opacos, augita, hornblenda y líticos basálticos. La matriz es del tipo arcilloso y texturalmente se clasifica como un conglomerado.

Se correlaciona con la Formación Barbudal redefinida por Flores et al., (2003) y de edad Campaniano (Denyer et al., 2014).



Fotografía 11. Unidad Conglomerados El Chorro, con intensa fracturación, aflorando en un tajo abandonado en Barbudal (Coordenadas: 415053 E / 242888 N).

7.2.4 Unidad Calizas Pavo Real (Argüello et. al, 2016)

Esta unidad aflora en bloques relictos en las laderas de los cerros al este de Lomas Monte Potrero, al sur del Cerro Cebollín y en el sector sureste del Cerro Cerco de Piedra. Su localidad tipo se encuentra al sur del cerro Cebollín, en las coordenadas 412, 118 E / 241, 799 N. (Figura 9)

Consisten en bloques de caliza cristalina con coloraciones desde beige claro, hasta rosado claro y grisáceo y calcarenitas color blanco a rosado claro (Fotografía 12) con tamaños desde decimétricos a métricos, se observan nódulos algales de tamaño máximo de 2cm, y rudistas de tamaño máximo de 0,7cm. Presentan una pátina café oscuro y vetas de calcita de 3mm de espesor. Microscópicamente la roca consiste en una wackstone o una biomicrita fosilífera. La matriz está formada principalmente por micrita con fósiles de Globotruncana y Rudistas. (Anexo 1)

Correlacionada con la Formación El Viejo, con edad Campaniano Inferior a Maastrichtiano Inferior (Denyer et al., 2014).



Fotografía 12. Bloques de caliza, correlacionadas con la Unidad Calizas Pavo Real en el Cerro Cebollín (Coordenadas: 412732 E / 244928 N).

7.2.5 Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta (Argüello et. al, 2016)

Como se observa en la Figura 9, esta unidad se encuentra aflorante en el sector sur y este de la base del Cerro Cerco de Piedra y abarca un área total de 6 km², su localidad tipo está situada al norte del poblado San Buenaventura en Loma Danta en las coordenadas 410, 341E / 242, 249N.

Litológicamente corresponde con intercalaciones de areniscas finas a gruesas y lutitas de matriz calcárea y variedad de tonalidades desde gris claro, gris verdoso hasta negro cuando la roca se encuentra sana, en las areniscas gruesas se observaron fragmentos de bivalvos, impresiones de bivalvos y gasterópodos, además en esta unidad y esporádicamente se presentan bloques de caliza desde centimétricos hasta métricos. Se puede observar laminación paralela y estructuras sinsedimentarias (Fotografía 13). Se caracteriza por presentar meteorización esferoidal y es común que tenga tonalidades de color marrón, morado, beige, blanco.

Microscópicamente se trata de una arcosa con granos subredondeados y subprismoidales en contacto flotante y de tamaño 0,25 mm en promedio. Formada principalmente por una matriz micrítica y en menor porcentaje por cemento esparítico, con presencia de bivalvos fracturados y ammonites. (Anexo 1)

Esta unidad se correlaciona con el Miembro San Buenaventura de la Formación Santa Ana descrita por Denyer et al. (2014), de edad Campaniano Superior terminal a Maastrichtiano Superior basal (Flores et al., 2003).



Fotografía 13. Pliegue sin sedimentario en las intercalaciones de calcarenitas finas y calcilutitas de la Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta (coordenadas 411 493 E / 241 381 N)

7.2.6 Unidad Areniscas y Conglomerados calcáreos Cerco de Piedra (Argüello et. al, 2016)

Esta unidad se encuentra aflorando en un área de 19,3 km² en el cerro del mismo nombre, en la parte central del área de estudio como se observa en la (siendo este cerro la localidad tipo (411, 116 E / 243, 486 N). (Figura 9)

Formada por areniscas y conglomerados calcáreos, las areniscas son finas a gruesas calcáreas color gris oscuro a marrón, en ella se pueden observar cristales milimétricos de plagioclasa y hornblenda, presentan una pátina que varía de gris claro a oscuro, beige claro y marrón oscuro. El conglomerado está formado por una matriz de arenisca fina a gruesa calcárea color gris oscuro a marrón, con clastos centimétricos a decimétricos de lutitas color gris a beige, calizas color blanco, basaltos color verde y pedernales (Fotografía 14). Se presentan estratificados o de forma masiva y cuando está meteorizada frecuentemente presenta una

pátina que varía de gris claro a oscuro, beige claro y hasta marrón oscuro, así como meteorización esferoidal.

Microscópicamente se clasifica como una arcosa lítica bimodal con presencia de líticos en una matriz arcillosa cementada con micrita, los líticos corresponden a caliza y andesitas. (Anexo 1)

El Miembro Cerco de Piedra de la Formación Curú definida por Astorga (1987) se correlaciona con esta unidad y le asigna una edad de Maastrichtiano Medio-Superior a Paleoceno Superior (Denyer et al., 2014).



Fotografía 14. Conglomerado de la Unidad Areniscas y Conglomerados calcáreos Cerco de Piedra con clastos de calizas, andesitas y lutitas (Coordenadas: 411155E/243936N)

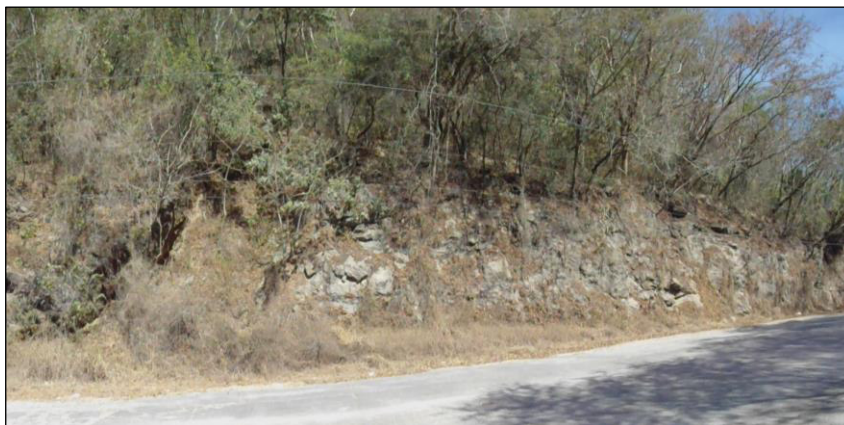
7.2.7 Unidad Calizas Peña Blanca (Argüello et. al, 2016)

Se encuentra aflorando con dirección NW en el cerro del mismo nombre, al oeste de la zona de estudio y cubriendo un área de 0,745 km² (Figura 9). El Cerro Peña Blanca en las coordenadas 407, 193 E / 243, 132 N constituye su localidad tipo (Fotografía 15).

Consiste en calizas de color blanco lechoso, masivas, que frecuentemente presentan una pátina color naranja claro a gris claro. Microscópicamente se reconoce la presencia de macro-

foraminíferos y espinas de erizos, con una matriz compuesta principalmente por micrita. (Anexo 1)

Se correlaciona con la Formación Barra Honda de edad de Paleoceno Superior al Eoceno Inferior (Denyer et al., 2014).



Fotografía 15. Afloramiento de la Unidad Calizas Peña Blanca en los alrededores de CEMEX (Coordenadas: 4068288E/243040N)

7.2.8 Unidad Areniscas y Brechas Monteverde (Argüello et. al, 2016)

Esta unidad se encuentra aflorando en el sector oeste y suroeste de la zona de estudio, en un área de 8.7 km². Su localidad tipo es el Cerro Monteverde, en las coordenadas 404, 731 E / 241, 568 N. (Figura 9)

Consiste en intercalaciones de paquetes de espesores entre 0,5 cm y 2 m de una arenisca fina calcárea, color negro a gris claro, bien seleccionada y subredondeada, con clastos milimétricos de calcita y ocasionales moldes de bivalvos, capas de arenisca gruesa calcárea, con clastos de cuarzo y otros líticos de coloraciones negro y beige, bien seleccionados y finalmente, brechas verdosas con matriz calcárea, de tonalidad blanca y clastos verdes, angulares, de tamaño centimétrico. Muestran pátinas color morado, rojas, negras, así como óxidos de manganeso.

Frecuentemente se observa laminación paralela ondulada y estructuras sinsedimentarias y procesos de silicificación (Fotografía 16).

Microscópicamente se tratan de lodolítas micríticas de color gris celeste oscuro, con algunos cristales de plagioclasa y magnetita. Se observó detrito de coral, así como foraminíferos bentónicos (Anexo 1)

La Formación Descartes definida por Astorga (1987) se correlaciona con esta unidad y Flores (2003) le asigna una edad de Paleoceno Superior.



Fotografía 16. Estratificación con buzamiento hacia el NE característica de los materiales de la Unidad Areniscas y Brechas Monteverde en los Cerros Monte Verde. (Izquierda: Coordenadas: 406221 E/240674 N, derecha: Coordenadas: 406354 E/241152 N).

7.2.9 Unidad de Depósitos Aluvionales (Argüello et. al, 2016)

Como se muestra en la Figura 9, se localizan en la periferia del área de estudio cubriendo un área de 66,68 km² de topografía plana. Consiste en un suelo color marrón claro, poco consolidado, con clastos redondeados de 3 a 20 cm de areniscas finas calcáreas color gris claro, calizas y basaltos (Fotografía 17). Los espesores varían desde 30 cm hasta 15 m.



Fotografía 17 .Depósitos aluviales de hasta 1,5 m de espesor en una quebrada intermitente en los alrededores del Cerro Monte Verde (Coordenadas: 406354E/241152N).

7.3 Perfiles Geológicos

Tal y como se muestra en las figuras 10 y 11, se elaboraron dos perfiles geológicos, el C-D localizado en dirección S-N, en el sector central de la zona de estudio y el G-H que recorre todo el frente de la costa de la zona de estudio en dirección W-E (figura 9). Para la elaboración de estos perfiles se tomaron en cuenta, además, las descripciones de los reportes de perforación de pozos cercanos, así como la información obtenida de la prospección geofísica realizada.

En el perfil C-D de la figura 10, se representan dos unidades geológicas que son las que afloran en ese sector: la Unidad Areniscas y Lutitas Loma Danta y la Unidad de Depósitos Aluvionales correspondiente a depósitos de rocas más recientes.

En la zona más cercana a la costa y hasta la parte central de la zona de estudio los pozos existentes AG-6, AG-7, AG-14, AG-15 y AG-16 (Anexo 2), no cuentan con información litológica ya que corresponden a pozos excavados en los que no se realiza tal descripción, además, no todos cuentan con la información de la profundidad, pero en general es menor de 10 metros. Por correlación con el pozo AG-99, en el cual se describen, desde los 0 m hasta los 40 m de profundidad, intercalaciones de areniscas y lutitas se confirma la presencia de

rocas relacionadas con la Unidad Areniscas y Lutitas Loma Danta con variaciones en su estado de meteorización y fracturación hasta una profundidad máxima detectada de 40 m.

En el mismo perfil C-D, pero del sector central hacia el norte, los pozos AG-143, AG-30, AG-93 y el pozo N° 93-21 (del AyA) (Anexo 2) describen, además de la Unidad de Areniscas y Lutitas Loma Danta, la presencia de un primer nivel de hasta 17 m de arcillas sobreyaciendo a un depósito aluvional de entre 5 y 18 m de espesor conformado por arcillas, arenas y gravas finas. Posteriormente, se describe la presencia de las areniscas negras y lutitas, masivas, fracturadas, asociadas con la Unidad de Areniscas y Lutitas Loma Danta, con un máximo espesor detectado de 17 m en los reportes de perforación.

Como se muestra en el mapa de la figura 9, el perfil C-D corta, de forma transversal a la falla inversa Cebollín (AF-4) que tiene una dirección W-E y de forma longitudinal, a la Falla Barbudal (AF-1), con desplazamiento de rumbo dextral, que atraviesa de sur a norte la zona de estudio en este sector central, esta falla es importante ya que delimita las zonas conformadas por materiales geológicos de origen sedimentario que afloran al oeste del área de estudio y los de origen ígneo existentes al este.

El perfil G-H de la figura 11 representa un corte longitudinal al sector de frente de costa donde como se observa, se presentan materiales de 5 unidades geológicas: Unidad de Depósitos Aluvionales, Unidad Areniscas y Brechas Monteverde, Unidad Areniscas y Conglomerados Cerco de Piedra, Unidad Areniscas y Lutitas Loma Danta y Unidad Basaltos sanos Lizarco.

Hacia la parte oeste de este perfil los pozos existentes AG-37 (excavado), P-21 (excavado) y P-25 (perforado), con profundidades entre 4, 2 y 20 m, no cuentan con la información de la descripción litológica, sin embargo, de acuerdo con el mapa geológico local de la figura 9 se determina la existencia de rocas de la Unidad Areniscas y Brechas Monteverde, que son sobreyacidas por un paquete de suelos residuales y aluviones finos con un máximo espesor de 5 m. En este sector el perfil corta a la falla AF-5, de dirección N-S, definida por Arguello et. al., (2016) como una falla dextral con componente inversa.

Desde el sector oeste y hasta la sección central de la zona de estudio afloran las unidades Depósitos Aluvionales, Areniscas y Conglomerados Cerco de Piedra y la Unidad Areniscas y Lutitas Loma Danta (figura 9) tal y como se reporta en los pozos AG-57, AG-152, AG-78 (pozo monitoreado: P-31), AG-154 y AG-59 (Anexo 2). Los pozos P-19, P-26, P-36 (monitoreados) y el pozo AG-31, son excavados o no cuentan con la información litológica. De acuerdo con las descripciones, se reportan hasta 6 m de suelos arcillosos que sobreyacen, en algunas áreas, a un depósito aluvional fino, conformado por arcillas, areniscas y gravas finas de hasta 14 m de espesor. Subyaciendo este depósito se determina la presencia de las Areniscas y Lutitas Loma Danta con espesores máximos medidos por las perforaciones de 36 m y con variaciones en las condiciones de fracturación y meteorización. Los pozos AG-10, AG-11, AG-12 (Anexo 2) y P-44 (monitoreado) son excavados con menos de 20 m de profundidad y no cuentan con descripción litológica, sin embargo, por la geología local se establece la presencia, de las rocas de la Unidad Areniscas y Conglomerados Cerco de Piedra.

Finalmente, en la sección más al este del perfil G-H, sólo el pozo P-96-21 del AyA cuenta con la información de la litología encontrada, el resto de los pozos o son excavados, con profundidades menores a los 12 m, o a pesar de ser perforados (con profundidades de hasta 65 m), no cuentan con reporte de perforación en la base de datos del SENARA, por lo que la interpretación se realiza mediante la geología local realizada en la zona y la descripción del pozo P-96-21 (Anexo 2). De acuerdo con esto, para el pozo P-96-21 se reinterpreta la presencia de hasta 27 m de basaltos con variado estado de fracturación y meteorización. Este perfil, además, corta la Falla Barbudal (AF-1), en dos tramos debido a que ésta se bifurca llegando a la zona más baja.

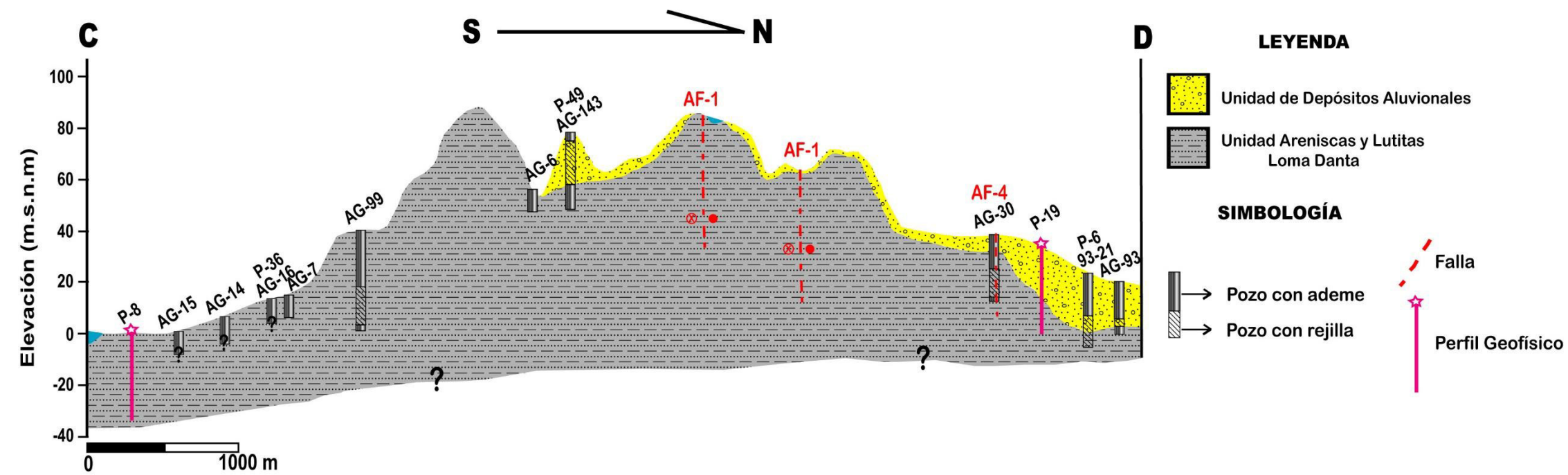


Figura 10. Perfil geológico C-D en el área de estudio.

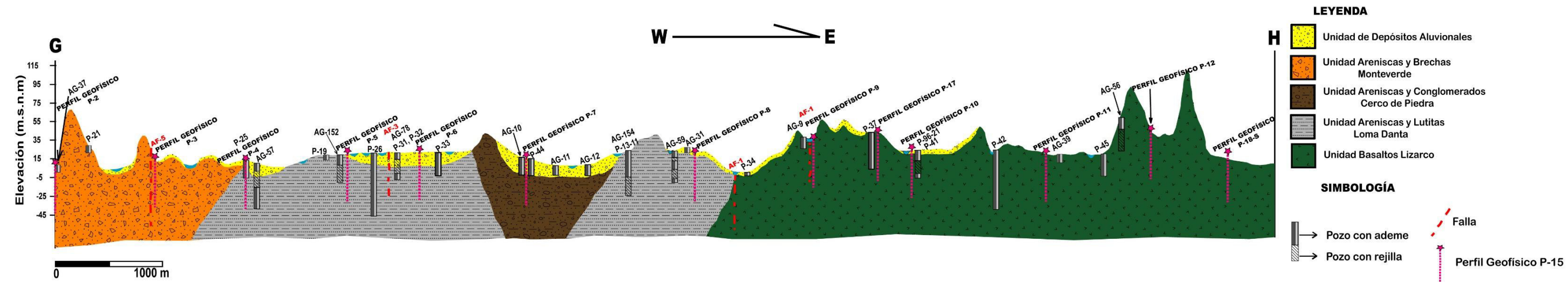


Figura 11. Perfil geológico G-H en el área de estudio.

7.4 Geología Estructural local

Se determinan en la zona de estudio zonas altamente plegadas como en el Cerro Monteverde y el Cerro Cerco de Piedra, así como presencia de fracturas y fallas. Como se observa en la Figura 9 en los Cerros Monteverde se observa una predominancia de los buzamientos hacia el noroeste y al sureste, mientras que en los Cerros Cerco de Piedra se encuentra principalmente buzando hacia el noreste.

A continuación, se describen las 7 fallas más importantes reconocidas en los sectores cerca de Barbudal, Cerro Monteverde, al sur de Lomas Monte Potrero y al sur de los cerros de Cerco de Piedra (Figura 9).

7.4.1 AF-1

La falla AF1 posee un rumbo N-S, extendiéndose entre los Cerros Barbudal y Cerco de Piedra, al N limita con Lomas Monte Potrero y al S con el Golfo Nicoya, presenta una bifurcación en la localidad de Barbudal donde continúa por el cauce de la Quebrada Lizarco (Figura 9). Según los datos encontrados de estrías en los afloramientos, se determinó el movimiento de la falla como dextral (Fotografía 18). En dicha estructura se observan brechas de falla de hasta 6 m con mineralización de clorita, ceolita y calcita. Se asocia con la Falla Barbudal señalada por Denyer et al. (2014).



Fotografía 18. Estrías de falla asociadas a la Falla Barbudal, la flecha amarilla representa el movimiento del bloque faltante y en rojo medias lunas observadas.
(Coordenadas: 414588 E/243032 N).

7.4.2 AF-2

Esta falla posee un rumbo E-W, cortando a los Cerros Cerco de Piedra, con una extensión aproximada de 4 Km y una brecha de falla de hasta 5 m, en el campo se encuentran fracturas coincidentes con esta falla, donde algunas de estas están rellenas de cuarzo y ceolita. Por medio de fotogeología se determina un claro alineamiento en esta zona y mediante evidencias al SW de la falla se propone una bifurcación en la parte W del cerro (Figura 9).

7.4.3 AF-3

De acuerdo con la Figura 9, esta falla posee un rumbo aproximado de NE, presentando una bifurcación hacia el norte. Se localiza en la parte sur de los Cerros Cerco de Piedra y se alinea con la Quebrada San Buenaventura (coordenadas: 409, 775 E / 241, 537 N). Esta falla es trazada mediante un plano de falla medido en las coordenadas 410, 082 E / 241, 494 N y a partir de interpretación fotogeológica.

7.4.4 AF-4

Se encuentra en la parte norte de los Cerros Cerco de Piedra, con un rumbo E-W (Figura 9) y probablemente sea la causante de la separación entre el Cerro Cerco de piedra y las Lomas Monte Potrero, aflora en las coordenadas 411, 557 E / 245, 544 N, donde se determinó un plano de falla con un movimiento relativo inverso. Se asocia con la Falla Cebollín descrita por Flores (2003)

7.4.5 AF-5

Como se indica en la Figura 9, esta falla se presenta con un rumbo predominante N-S, atravesando los Cerros Monteverde, Gordo (406, 722 E / 239, 982 N) y Peñas Blancas. El trazo se define en este trabajo mediante fotointerpretación geológica, pues se observa la separación entre los cerros anteriormente mencionados y se infiere un sentido dextral con una posible componente inversa, debido a las condiciones de esfuerzo regional. En el sitio del Cerro Gordo (en las coordenadas 406, 348 E / 239, 772 N) se observó una falla de componente inversa de rumbo N-S que se relaciona con el sector de la curvatura y relacionada a los esfuerzos compresivos (Fotografía 19)



Fotografía 19. Falla inversa localizada en el Cerro Gordo, afloramiento (Coordenadas: 406348 E/239772 N).

7.4.6 AF-6

Según la Figura 9, esta falla posee un rumbo NW, en la zona de estudio se observa con una extensión aproximada de 3 km. Esta falla es trazada debido a alineamientos observados en el campo y a partir de las fotografías aéreas. En el afloramiento con coordenadas 407, 062 E / 244, 027 N se observa una falla inversa cuyo rumbo coincide con el rumbo determinado para esta estructura. Se asocia con la Falla Naranjo descrita por Flores (2003).

7.4.7 AF-7

De acuerdo con Denyer et al. (2014), esta falla se encuentra ubicada en la parte sureste de los cerros Cerco de Piedra, con un rumbo E-W (Figura 9). Se corrobora su trazo a partir de interpretación morfológica de la zona y por medio de las fotos aéreas.

7.5 Zonificación de la zona de estudio

Con los resultados del trabajo de campo fue posible identificar 3 zonas, cada una de ellas se caracterizó con los resultados obtenidos del monitoreo (de conductividad eléctrica y niveles de agua subterránea) y de la prospección geofísica; con esto se facilitó la correlación con la geología de la zona y la caracterización química de las aguas.

Las 3 zonas definidas se describen a continuación y se muestran en la Figura 12.

7.5.1 Zona 1

La zona 1 está constituida por los terrenos localizados en el sector sur del área de estudio, paralelos a la línea de costa y colindantes con el Golfo de Nicoya y los esteros relacionados a este ambiente en los que, por sus características geológicas y condición geográfica presentan mayor susceptibilidad a la intrusión salina. Geológicamente está conformada en

su mayoría por sedimentos de origen aluvional, con parches de rocas sedimentarias de origen marino localizadas al SO y en menor extensión por rocas ígneas de tipo basáltico hacia el SE (Figura 12).

7.5.2 Zona 2

La Zona 2 es la localizada hacia el sector oeste (Figura 12), geológicamente conformada por rocas sedimentarias que afloran en los sectores de mayor elevación y por depósitos aluvionales recientes en las planicies hacia el norte.

7.5.3 Zona 3

La Zona 3 es la compuesta geológicamente por terrenos de composición ígnea y por suelos residuales asociados a la meteorización de estos mismos, así como también por depósitos aluvionales recientes que predominan en la parte este del área (Figura 12).

7.6 Prospección Geofísica

La prospección geofísica llevada a cabo en la zona de estudio consistió en la elaboración de 108 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's), distribuidos en 20 perfiles geofísicos, además de una Tomografía Eléctrica, cuya ubicación se presentan en la Figura 13. Los gráficos con las curvas de resistividad de los sondeos realizados se adjuntan en el Anexo 3. A continuación, se describen con más detalle, las características de los sondeos por zonas.

7.6.1 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's)

En la Zona 1, se efectuaron 12 perfiles geofísicos (desde P-1 hasta el P-12) se realizaron frente a la costa para un total de 60 SEV's en la zona definida como Zona 1. Los perfiles P-1 y P-2 se componen de 7 y 3 SEV's respectivamente, el resto de los perfiles realizados en el sector costero (del P-3 al P-12) están conformados por 5 SEV's cada uno. La mayoría de los perfiles realizados en esta zona empiezan con el SEV-1 junto a los manglares y esteros y finalizan con el SEV-5 tierra adentro, sólo el Perfil 2, inicia con el SEV -3 junto al manglar y finaliza con el SEV-2 tierra adentro. Los SEV's tienen AB/2 de 150 m para lograr profundidades de alrededor de 50 m. (Tabla 8)

Tabla 8 .Descripción de los SEV's realizados en la Zona 1.

ZONA 1		
Ensayo Geofísico	Número de SEVs	Longitud de ensayo (m)
Perfil-1	7	350
Perfil-2	3	150
Perfil-3	5	200
Perfil-4	5	200
Perfil-5	5	200
Perfil-6	5	200
Perfil-7	5	200
Perfil-8	5	200
Perfil-9	5	200
Perfil-10	5	200
Perfil-11	5	200
Perfil-12	5	200

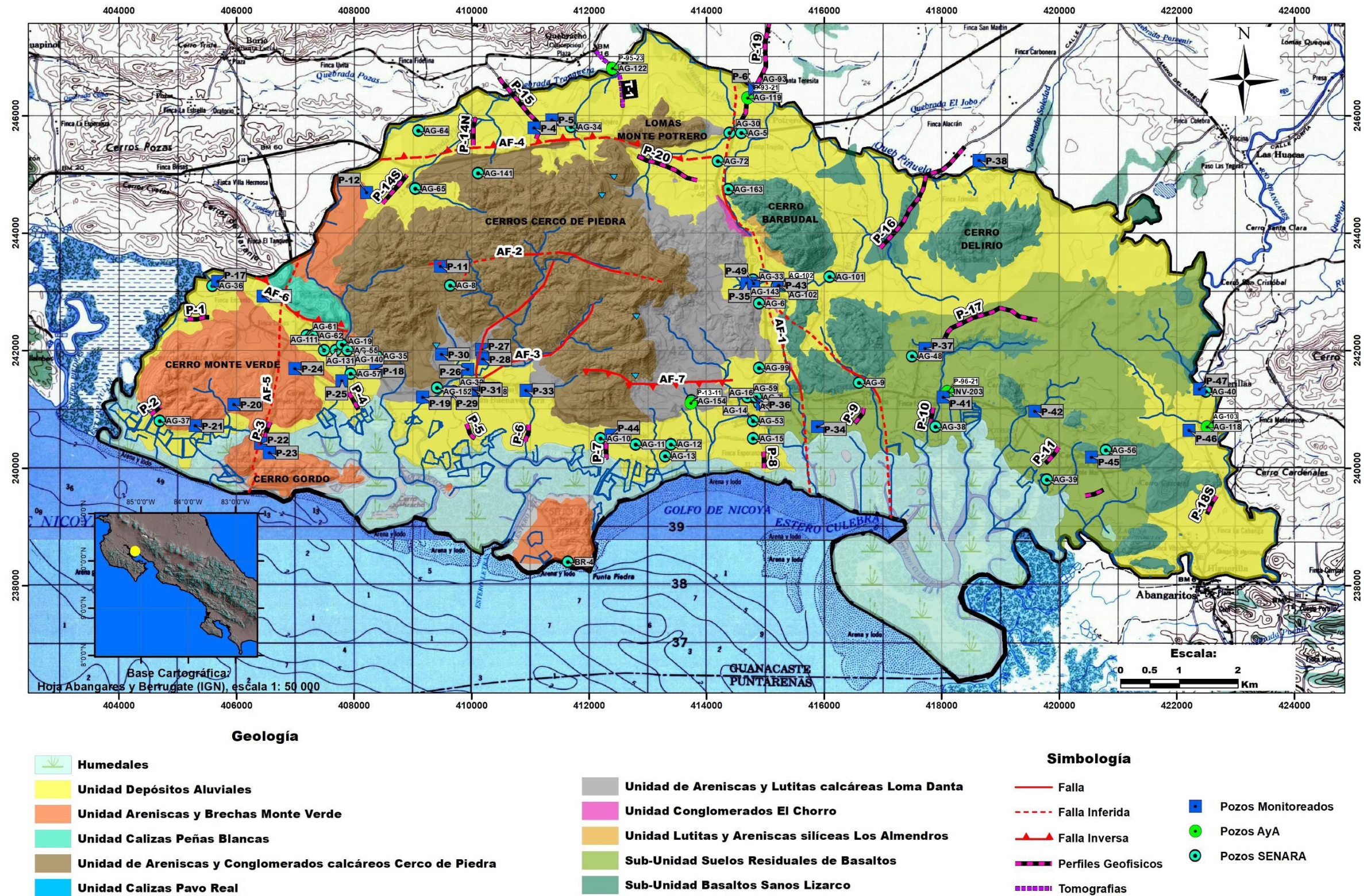


Figura 13. Ubicación de Ensayos Geofísicos en la zona de Colorado de Abangares y alrededores.

En la Zona 2, se realizaron un total de 25 SEV's correspondientes a 5 perfiles geoelectricos, que se describen en la Tabla 9, todos con un AB/2 de 200 m, lo que permite alcanzar profundidades de prospección de hasta 75 m. Los perfiles P-14-S y P-14-N están formados por 4 y 3 SEV's respectivamente, para un total de 1400 m de longitud, empezando con el SEV-1 (del P-14-S) en el SW hasta el SEV- 7 (del P-14-N) en el N. El perfil P-15 está formado por 7 SEV's (de S a NW), para una longitud de también 1.400 m, el P-19 se localiza al norte de los cerros Lomas Monte Potrero, iniciando en ese punto y finalizando hacia el Norte camino a San Joaquín con el SEV 6, para una longitud final de 1.800 m. El último perfil de esta zona, el P-20 está constituido por 5 SEV's (de SE a NW), con una longitud de 1.000 m (Figura 13) Además en este sector norte se realizó una Tomografía Eléctrica (T-1), al NW del Cerro Lomas Monte Potrero que consistió en 4 tomogramas de 50 m de traslape entre ellos y una separación entre pines de 5 m, para una longitud de 315 m (Ingeofica Dos Mil, 2016).

Tabla 9. Descripción de los SEV's realizados en la Zona 2

ZONA 2		
Ensayo Geofísico	Número de SEVs	Longitud de ensayo (m)
Perfil-14-S	4	1400
Perfil-14-N	3	
Perfil-15	7	1400
Perfil-19	6	1800
Perfil-20	5	1000
Tomografía Eléctrica	-	315 m

En la Zona 3 se localizaron 3 perfiles, que se describen en la (Tabla 10), para un total de 18 SEV's, todos también con AB/2 de 200 m. El perfil P-16 inicia con el SEV-1 al SW del Cerro Delirio y finaliza con el SEV-8 al NE del mismo cerro. El P-17 inicia con el SEV-1 al NE de la Finca Raizal y finaliza con el SEV-8 al SW de la misma finca. Por último, el P-18-S está conformado por sólo 2 SEV's, realizados en dirección NE-SW, al norte de Abangaritos, cerca del Río Abangares (Figura 13).

Tabla 10. Descripción de los SEV's realizados en la Zona 3

ZONA 3		
Ensayo Geofísico	Número de SEVs	Longitud de ensayo (m)
Perfil-16	8	2400
Perfil-17	8	2400
Perfil-18-S	2	700

7.6.1.1 Interpretación en Zona 1

En el caso de la Zona 1, correspondiente al área de frente de costa, se detallarán a continuación los perfiles P-4, P-5, P-7, P-9 y P-11.

En el Gráfico 3, Gráfico 4 y Gráfico 5, Tabla 11 y Figura 14, se muestran las curvas de resistividad y el modelo de capas definido para el Perfil P-4 realizado cerca de la comunidad de Peña Blanca.

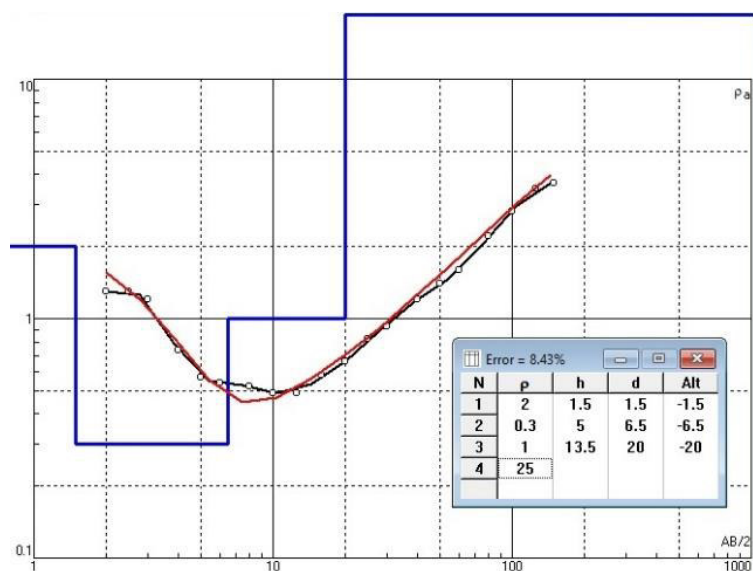


Gráfico 3. Curva de resistividad obtenida para el Sondeo Eléctrico Vertical SEV-1 del Perfil Geoelectrico P-4 (Zona 1). (Coordenadas: de 408 075 E-241 004 N)

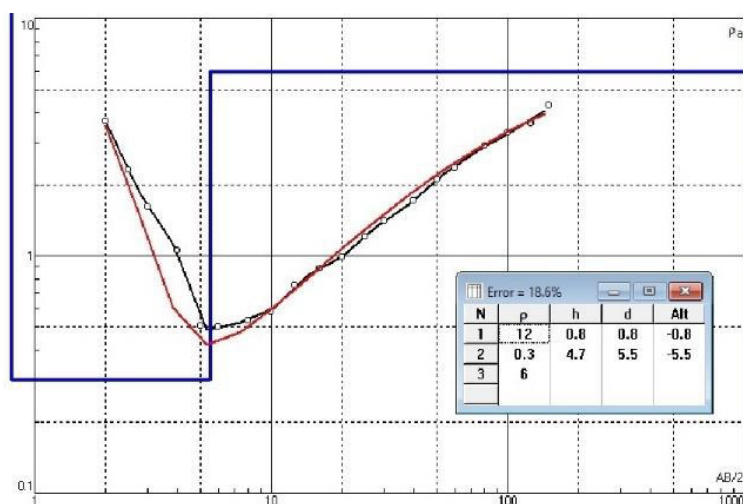


Gráfico 4. Curva de resistividad obtenida para el Sondeo Eléctrico Vertical SEV-3 del Perfil Geoelectrico P-4 (Zona 1). (Coordenadas: de 407 981 E-241 125 N)

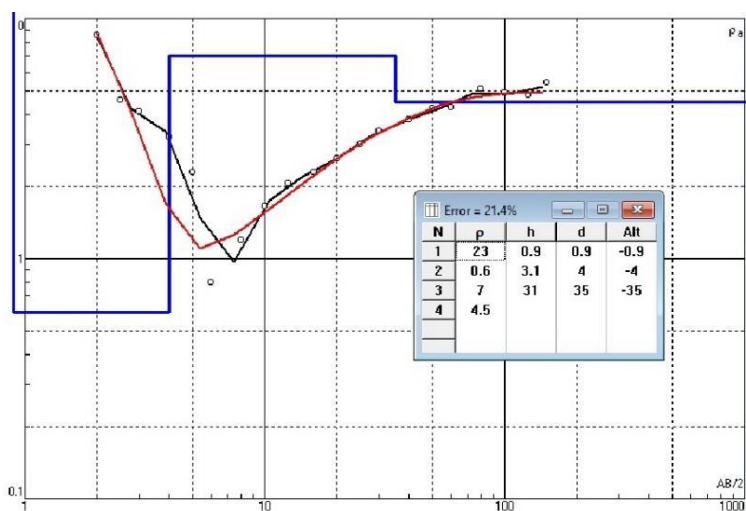


Gráfico 5. Curva de resistividad obtenida para el Sondeo Eléctrico Vertical SEV-5 del Perfil Geoelectrico P-4 (Zona 1). (Coordenadas: 407 922 E- 241 269 N)

Tabla 11. Modelo de capas del Perfil P-4

P-4			
CAPA	RESISTIVIDAD (ohm-m)	PROFUNDIDAD (m)	CORRELACIÓN LITOLÓGICA
1	2-23	0-1,5	Suelos
2	0,3-2	1,5-6,5	Aluvión fino
3	1-25	6,5-50	Unidad Areniscas y Lutitas Calcáreas Loma Danta

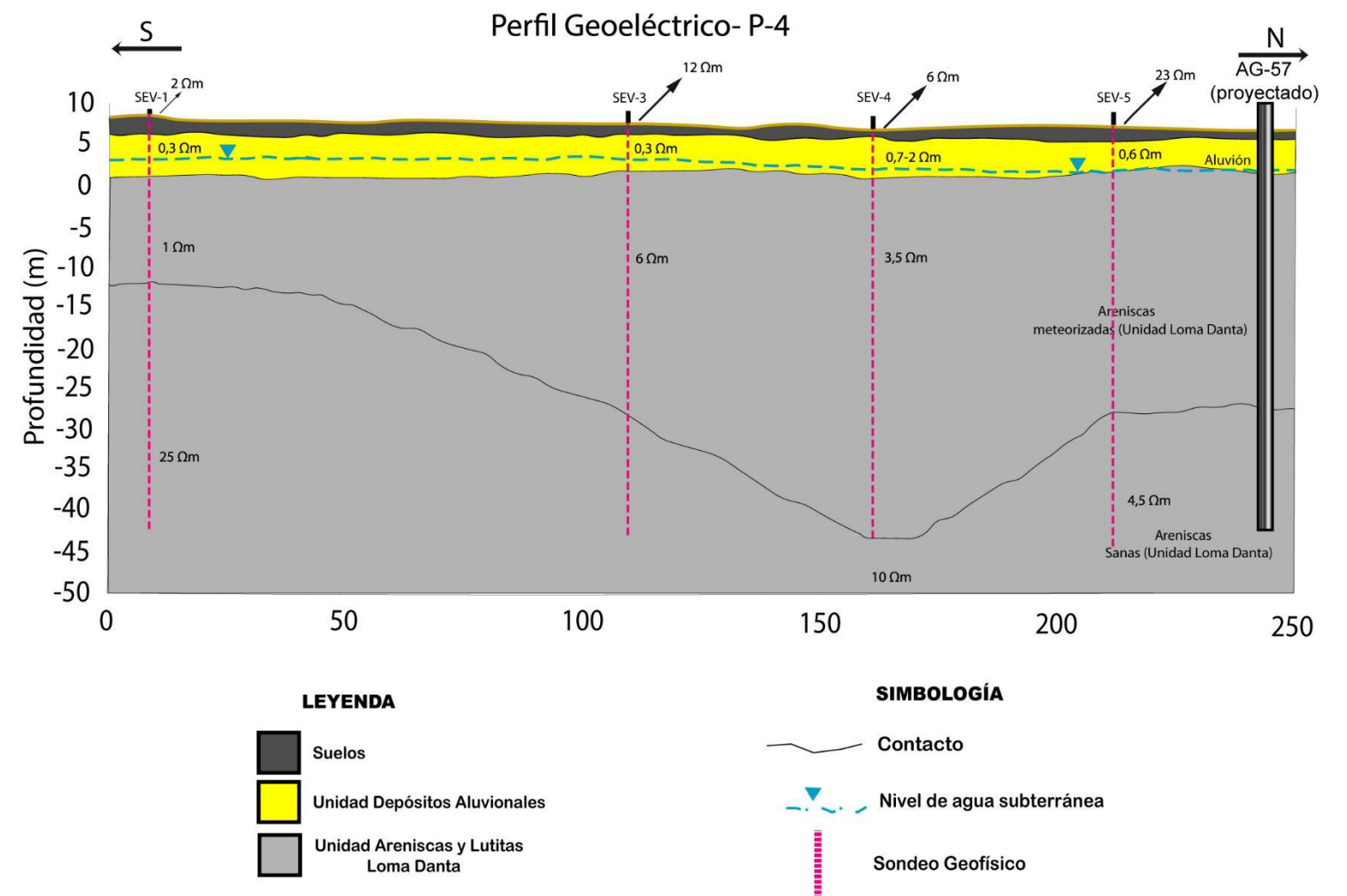
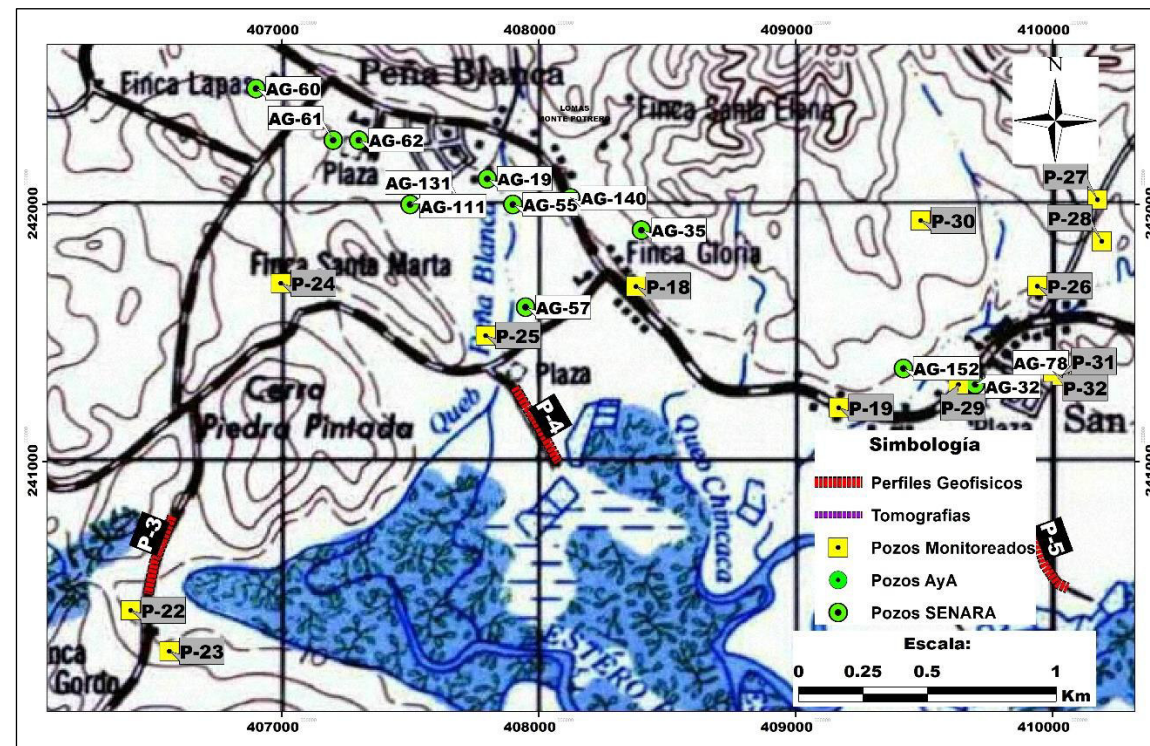


Figura 14 Ubicación e interpretación del Perfil Geoelectrico P-4.

Como se muestra en la información del perfil anterior, correlacionado con el pozo AG-57, localizado a unos 300 m del SEV-5 (Anexo 3), en este sector existe una primer capa de suelos, con un espesor máximo de 1,5 m y valores de resistividad desde 2 Ωm y como máximo 23 Ωm que sobreyacen a un depósito aluvional fino con resistividades menores a 1 Ωm y como máximo de 2 Ωm . Bajo este depósito aluvional se localiza el basamento de la zona, correspondiente a areniscas y lutitas calcáreas correlacionadas con la Unidad Loma Danta, para la cual se midieron valores de resistividad desde 1 Ωm hasta 25 Ωm . Según la información del mismo pozo AG-57, el nivel estático se localiza a los 4,90 m de profundidad, dentro del paquete de aluviones finos (en los cuales se obtuvieron los valores más bajos). En general, estos bajos valores de resistividades detectados en las diferentes capas en los 5 sondeos realizados son mucho menores a los referentes para materiales similares señalados por Reynolds (1997), lo que, en esos depósitos de materiales, se asocia a la presencia de aguas subterráneas marinas, que generan una fuerte disminución de la resistividad eléctrica debido a la presencia de sales en su composición.

El Perfil Geoeléctrico P-5 se localiza al Oeste de Colorado, en el sector de San Buenaventura. Como se muestra en la Figura 15 y Tabla 12 al igual que el perfil P-4, el modelo de capas consiste en 3 litologías, asociadas al pozo AG-78 (Anexo 2), ubicado a cerca de 600 m del SEV-5 de éste perfil. La más superficial corresponde a suelos descritos como arcillosos de hasta 1 m de espesor y con valores de resistividad de 25 a máximo de 90 Ωm , normales para este tipo de materiales según Reynolds (1997). Subyaciendo este nivel se detecta de nuevo el depósito aluvional fino de hasta 20 m de profundidad con valores de resistividad nuevamente muy bajos para este tipo de materiales, en el rango de 0,7 a 36 Ωm . Como última capa definida y correlacionada con el basamento sedimentario del área, se determina a una profundidad máxima de 50 m, la presencia de las Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta, con resistividades medidas entre 2,5 y 40 Ωm como máximo (Tabla 12 y la Figura 15). Nuevamente los bajos valores de resistividad medidos en estos sondeos, tanto en los aluviones como en las areniscas y lutitas, indica la presencia de materiales saturados en aguas saladas, tomando en cuenta además que, el nivel estático en la zona se reporta a una

profundidad de 12,47 m.b.n.s, dentro de la capa aluvional. Los gráficos de cada sondeo se adjuntan en el Anexo 3.

En el caso del Perfil P-7, no se cuenta con pozos cercanos que tengan la descripción litológica con la cual correlacionar los datos obtenidos de resistividad, sin embargo, la correlación con los modelos de capas de los perfiles anteriores permite definir, para todos los sondeos, la existencia de una capa de suelos de hasta 1,5 m de espesor con resistividades de $2,5 \Omega\text{m}$ - $30 \Omega\text{m}$, similares al del perfil P-1, un nivel de aluviones de hasta 13,5 m de espesor, en el cual se presentan resistividades muy bajas para este tipo de materiales, entre $0,2 \Omega\text{m}$ a $15 \Omega\text{m}$, asociado a la presencia del nivel de agua subterránea a una profundidad de 15 m y de materiales con contaminación con intrusión salina en todos los sondeos realizados. Finalmente, se determina la existencia de un basamento conformado por areniscas y conglomerados, en las cuales se miden valores desde $4 \Omega\text{m}$ hasta $200 \Omega\text{m}$, valor que en este caso se asocia a que los materiales presentan características de poca meteorización y fracturación (Gráfico 6, Gráfico 7 y Gráfico 8, Tabla 13 y Figura 16)

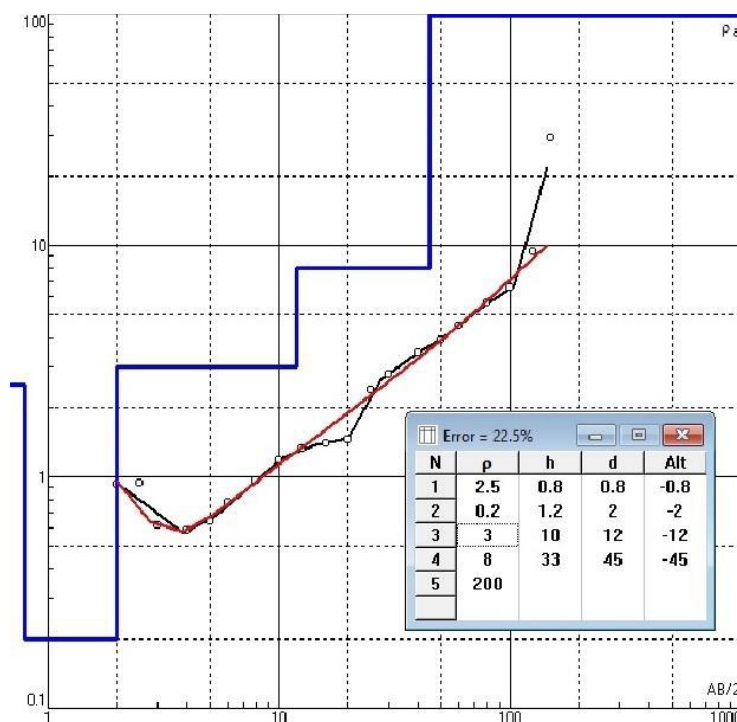


Gráfico 6. Curva de resistividad obtenida para el Sondeo Eléctrico Vertical SEV-1 del Perfil Geoelectrico P-7 (Zona 1) (Coordenadas: de 412 299 E-240 194 N)

Tabla 12. Modelo de capas del Perfil P-5

P-5			
CAPA	RESISTIVIDAD (ohm-m)	PROFUNDIDAD (m)	CORRELACIÓN LITOLÓGICA
1	20-90	0-1	Suelos arcillosos
2	0,7-36	1-20	Aluvión fino
3	2,5-40	20-50	Unidad Areniscas y Lutitas Calcáreas Loma Danta

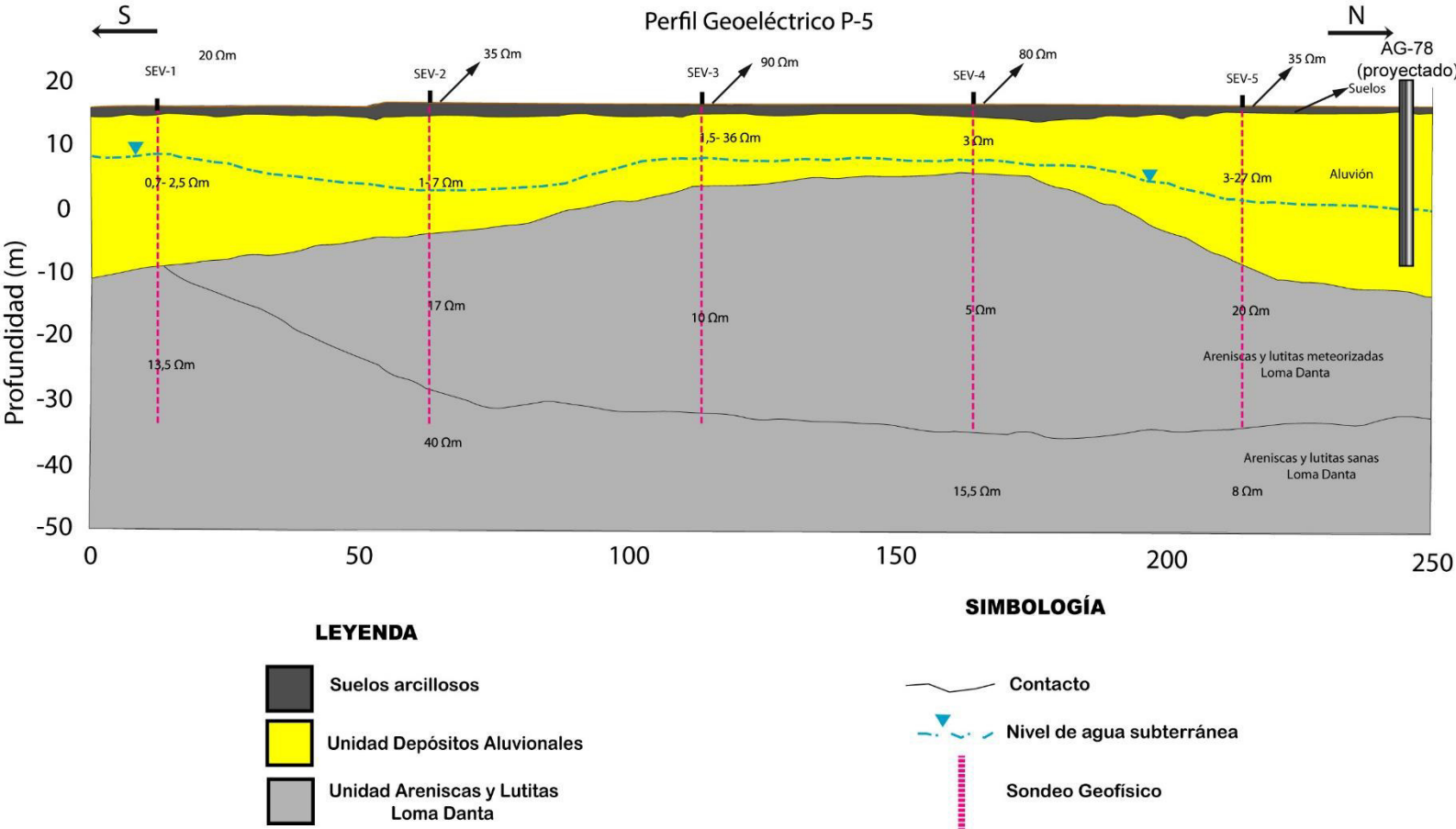
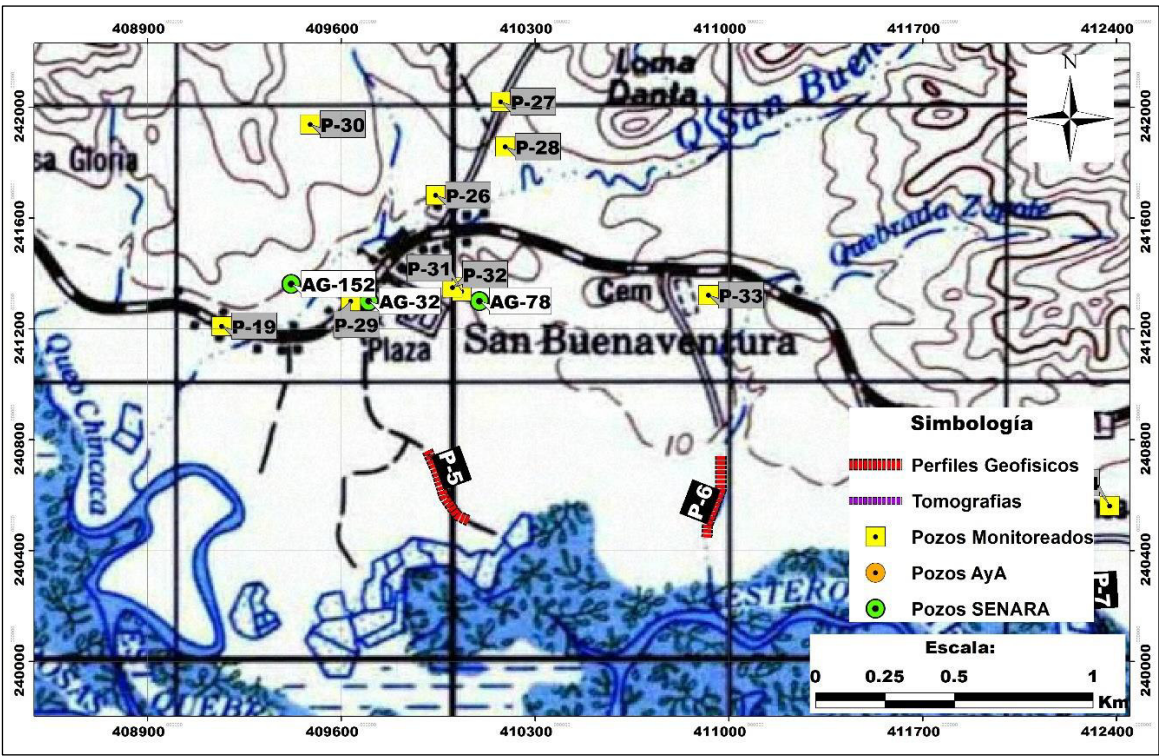


Figura 15. Ubicación e interpretación del Perfil Geoeléctrico P-5

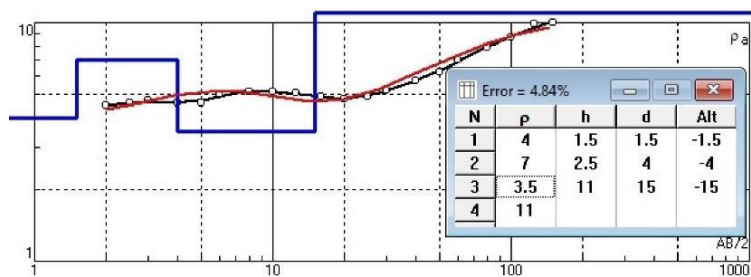


Gráfico 7. Curva de resistividad obtenida para el Sondeo Eléctrico Vertical SEV-3 del Perfil Geoelectrico P-7 (Zona 1) (Coordenadas: de 412 291 E-240 297 N)

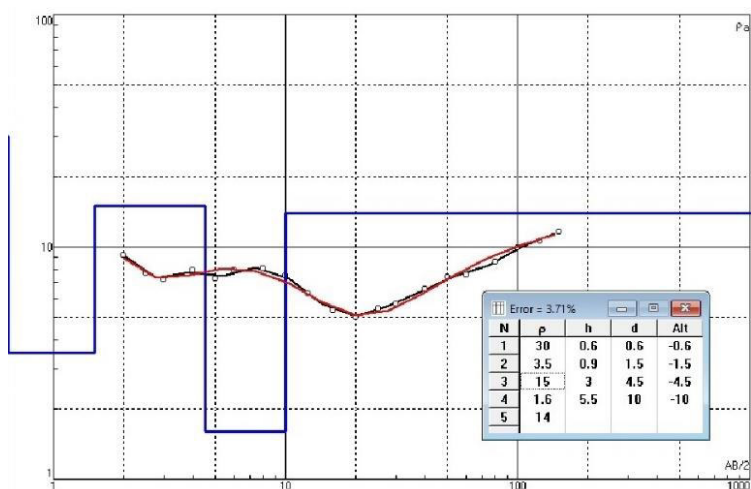


Gráfico 8. Curva de resistividad obtenida para el Sondeo Eléctrico Vertical SEV-5 del Perfil Geoelectrico P-7 (Zona 1) (Coordenadas: 412 294 E- 240 401 N)

Tabla 13. Modelo de capas del Perfil P-7

P-7			
CAPA	RESISTIVIDAD (ohm-m)	PROFUNDIDAD (m)	CORRELACIÓN LITOLÓGICA
1	2,5-30	0-1,5	Suelos
2	0,2-15	1,5-15	Aluvión fino
3	4-200	15-45	Unidad Areniscas y Conglomerados Cerco de Piedra

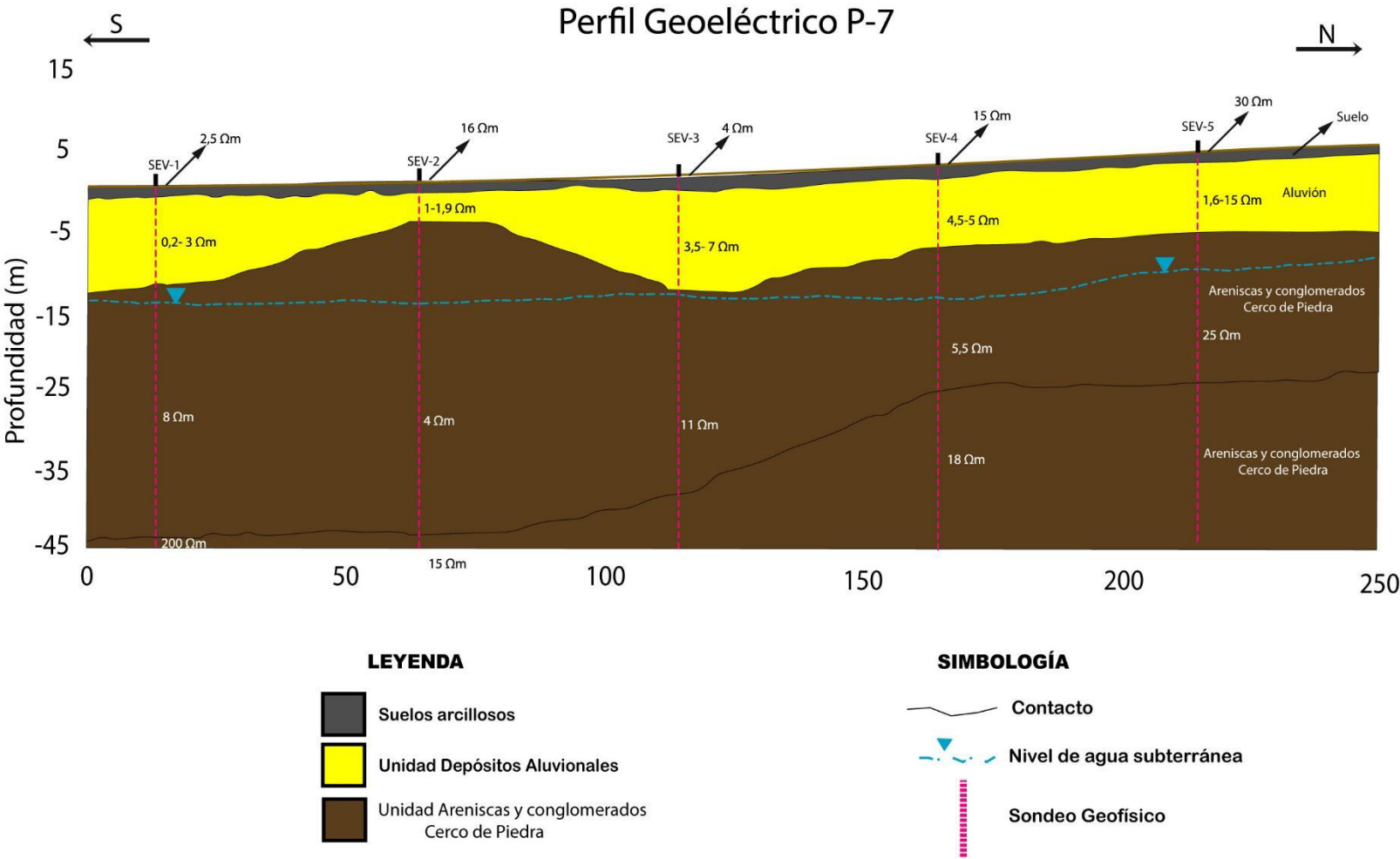
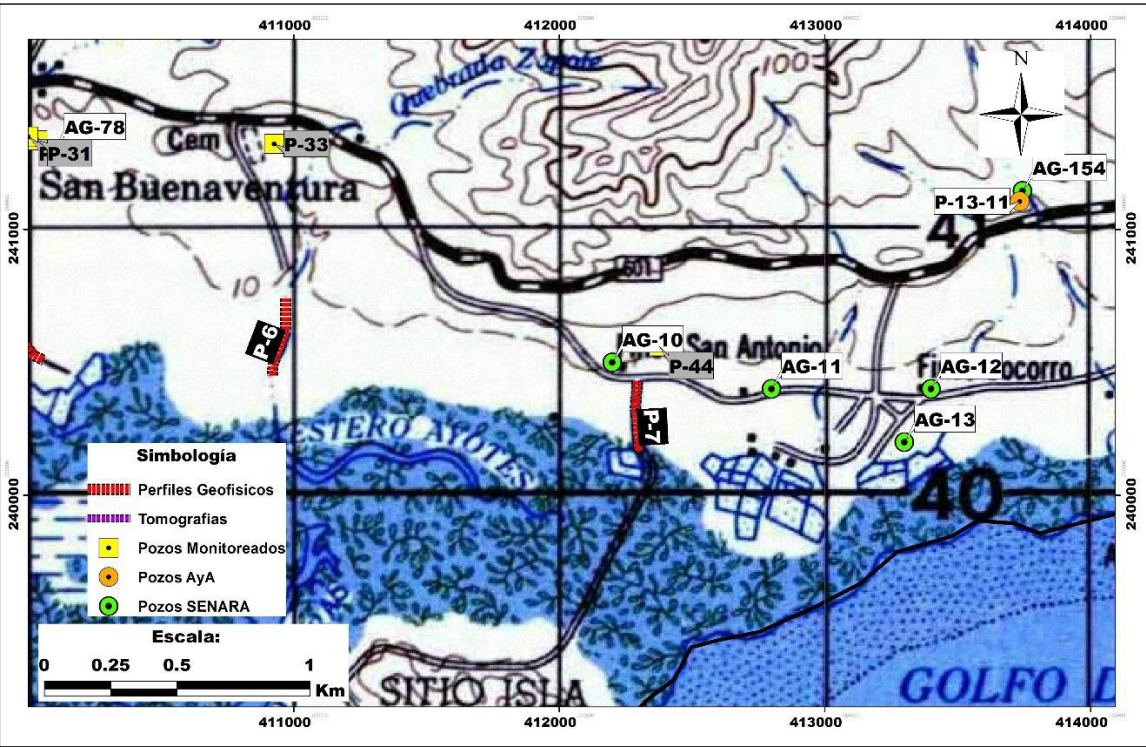


Figura 16. Ubicación e interpretación del Perfil Geoelectrico P-7

En la misma Zona 1 pero hacia el sector Este de Colorado se realizó el perfil geofísico P-9. El modelo de capas y el correspondiente perfil interpretado se muestran en la Tabla 14 y Figura 17.

Como se muestra en el perfil y por los valores de resistividad obtenidos, correlacionados con el Pozo P-96-21, que es el más cercano con información litológica, se interpreta la presencia de materiales ígneos que se correlacionan a los basaltos y a suelos residuales de los basaltos. La primera capa consiste en un suelo arcilloso con resistividades de hasta 23 Ωm , esta capa sobreyace a la de los suelos originados a partir de la meteorización de los basaltos, por lo que se esperan resultados mayores en este nivel. Se midieron rangos entre 2,5 Ωm y 90 Ωm , los valores más bajos obtenidos en todos los sondeos se relacionan con la presencia de contaminación por intrusión salina. Finalmente, para la capa relacionada a los basaltos se obtuvieron valores entre 2,5 Ωm y 25 Ωm , valores bajos si se comparan a los señalados por Reynolds (1997), lo que se asocia a la existencia en ese tipo de rocas, de meteorización, fracturación y presencia de intrusión salina en todos los sondeos realizados.

Finalizando, cerca del límite este de la Zona 1, se analizará el perfil geofísico P-11. Tal y como se muestra en el Gráfico 9, Gráfico 10 y Gráfico 11, la Tabla 15 y en el perfil de la Figura 18, a diferencia de los valores de resistividad obtenidos en los perfiles anteriores, en este caso éstos aumentan significativamente. Para este perfil, ninguno de los pozos cercanos cuenta con litología, pero se asocia, por la geología local, a la presencia de suelos originados por la meteorización de basaltos y a los basaltos sanos. Como se muestra en la Tabla 15, los resultados obtenidos se aproximan más a los valores sugeridos por Reynolds (1997) para los mismos tipos de materiales.

Tabla 14. Modelo de capas del Perfil P-9

P-9			
CAPA	RESISTIVIDAD (ohm-m)	PROFUNDIDAD (m)	CORRELACIÓN LITOLÓGICA
1	10-23	0-2,5	Suelos arcillosos
2	2,5-90	2,5-20	Suelos Residuales de basaltos
3	2,5-25	20-50	Basaltos

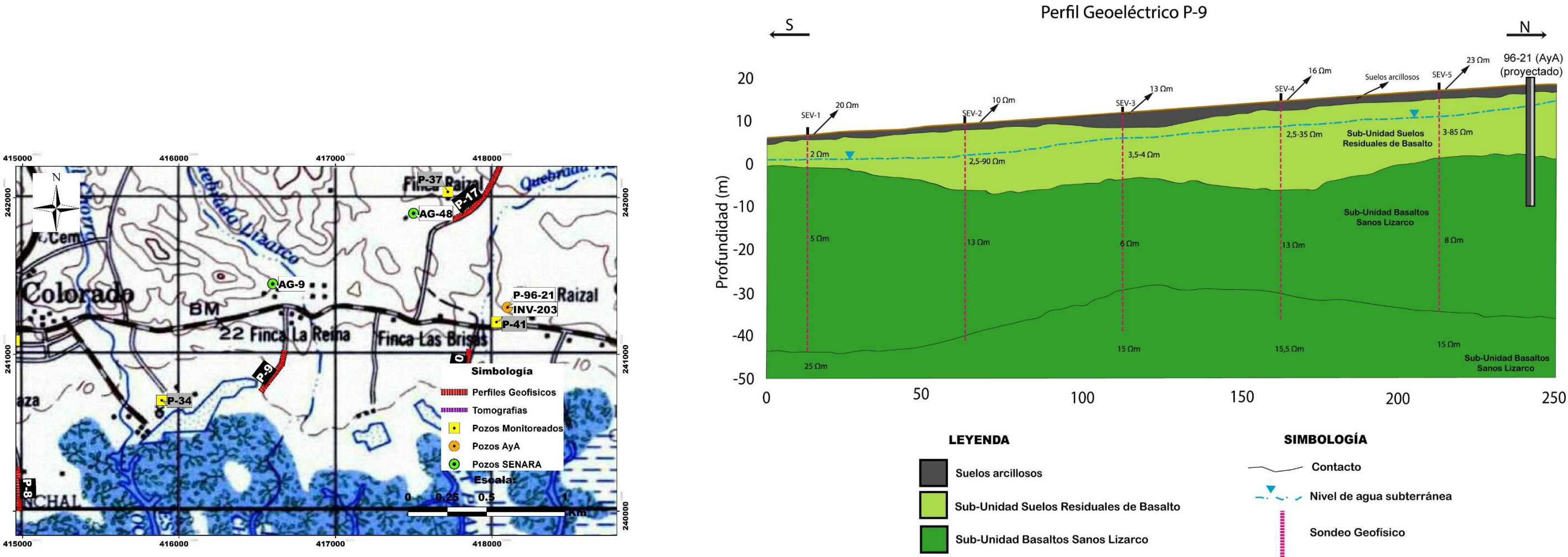


Figura 17. Ubicación e interpretación del Perfil Geoelectrico P-9

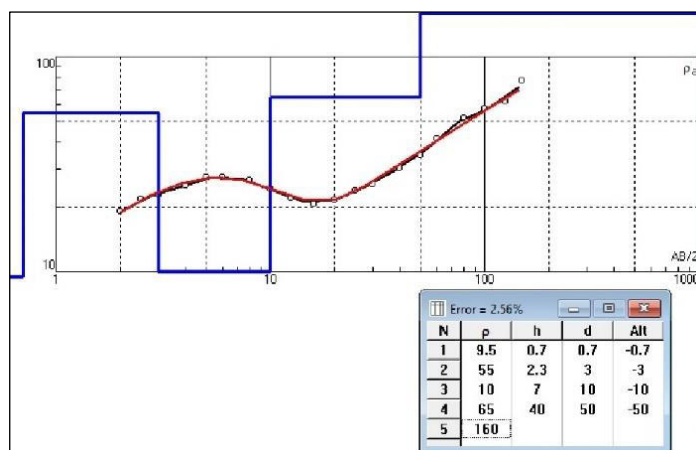


Gráfico 9. Curva de resistividad obtenida para el Sondeo Eléctrico Vertical SEV-1 del Perfil Geoelectrico P-11 (Zona 1). (Coordenadas: de 419 800 E-240 094 N)

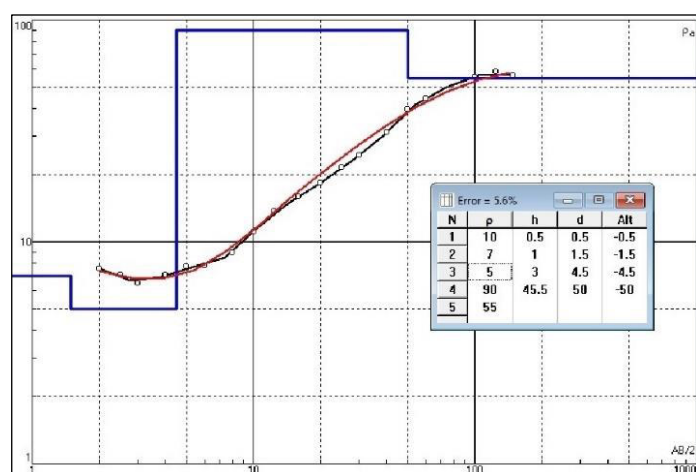


Gráfico 10. Curva de resistividad obtenida para el Sondeo Eléctrico Vertical SEV-3 del Perfil Geoelectrico P-11 (Zona 1). (Coordenadas: 419 884 E- 240 205 N)

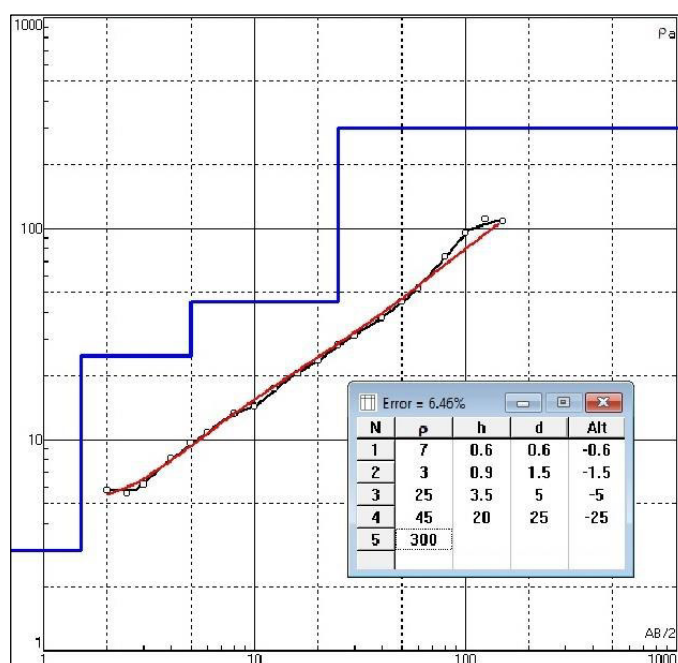


Gráfico 11. Curva de resistividad obtenida para el Sondeo Eléctrico Vertical SEV-5 del Perfil Geoelectrico P-11 de la Zona 1. (Coordenadas: 419 979 E- 240 329 N)

Tabla 15. Modelo de capas del Perfil P-11

P-11			
CAPA	RESISTIVIDAD (ohm-m)	PROFUNDIDAD (m)	CORRELACIÓN LITOLÓGICA
1	2-10	0-1,5	Suelos Residuales de basaltos
2	1,5-55	1,5-17	Basaltos fracturados (Unidad de basaltos Lizarco)
3	45-300	17-50	Basaltos sanos (Unidad de basaltos Lizarco)

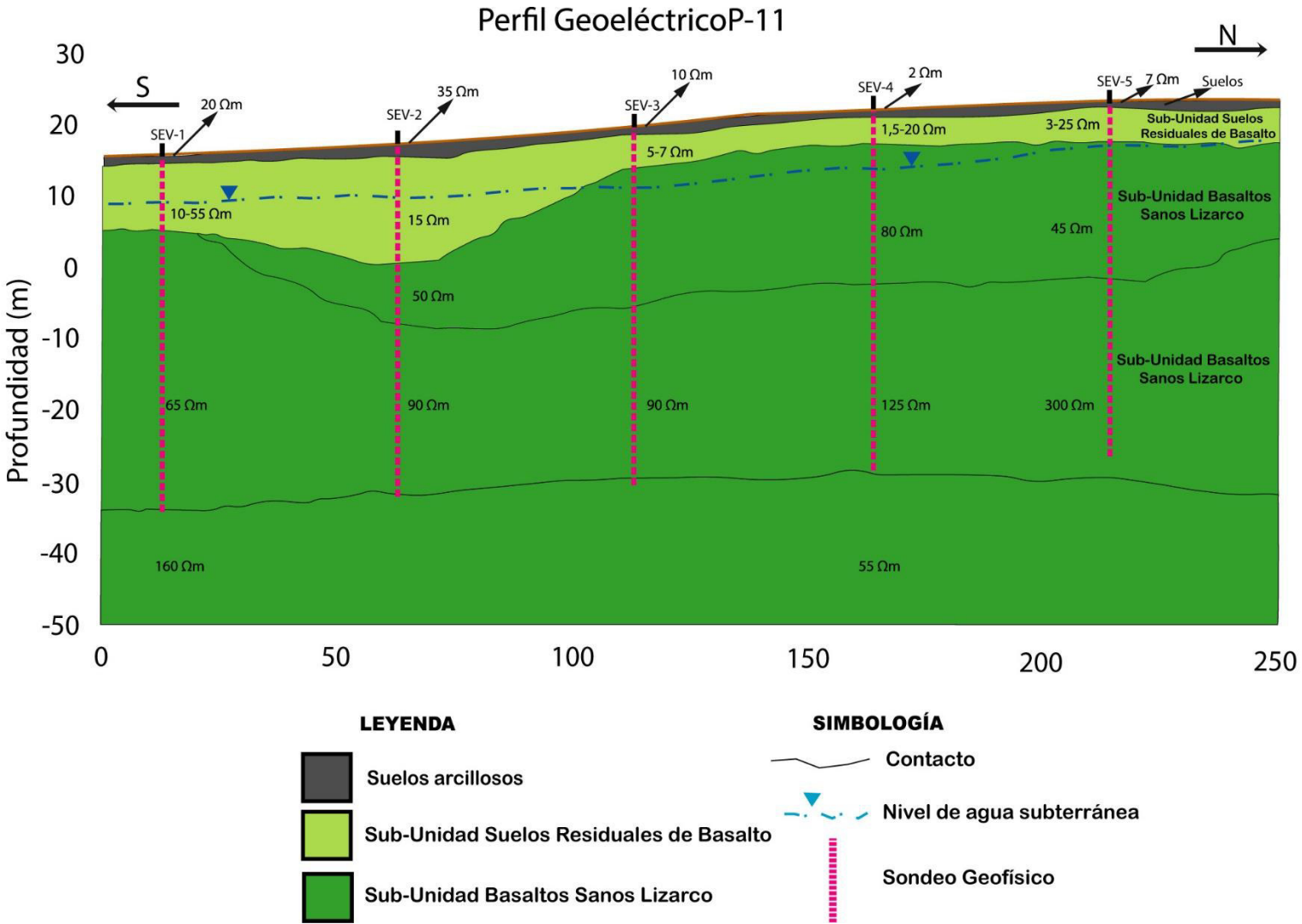
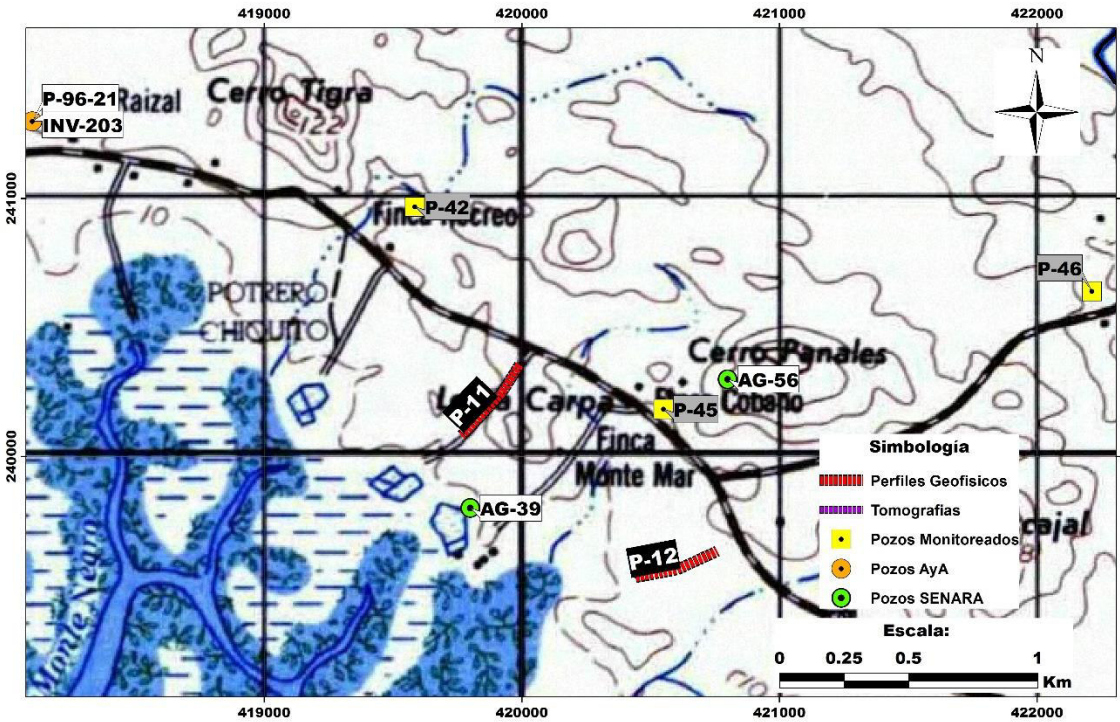


Figura 18. Ubicación e interpretación del Perfil Geoelectrico P-11

El modelo de capas de este perfil consiste en un primer espesor de alrededor de 1,5 m de suelos originados por la meteorización de los basaltos, con valores de resistividad en el rango de 2 Ω m a 10 Ω m, bajo esta primera capa y con resistividades de hasta 55 Ω m se establece la presencia de un nivel de rocas basálticas fracturados de la Unidad de Basaltos Lizarco y en los cuales se encuentra el nivel de agua subterránea, para finalizar con un espesor máximo explorado de 50 m, en los que se obtienen resistividades de hasta 300 Ω m, asociadas a la presencia del basamento, constituido por los mismos basaltos pero con características más consolidadas y en los que, por los resultados obtenidos, no se determina contaminación por intrusión salina.

7.6.1.2 Interpretación en Zona 2

Como se observa en la Figura 13, los perfiles P-14-S, P-14-N y P-15, se ubican al Norte y NW de los Cerros Cerco de Piedra, donde afloran areniscas asociadas a la Unidad de areniscas y conglomerados calcáreos Cerco de Piedra, lo que se corrobora con la información de los pozos de los alrededores (AG-64, AG-65 y AG-141). La interpretación de estos tres perfiles, cuyas curvas de resistividad se adjunta en el Anexo 3, origina el modelo de capas de la Tabla 16.

Tabla 16. Modelo de capas de la Perfiles P-14-S, P-14-N y P-15

Perfiles P-14-S, P-14-N y P-15 (Zona 2)			
CAPA	RESISTIVIDAD (ohm-m)	PROFUNDIDAD (m)	CORRELACIÓN LITOLÓGICA
1	8-60	0-6,5	Arcillas
2	12-400	6,5-52	Areniscas (Unidad areniscas y conglomerados calcáreos Cerco de Piedra)

Como se muestra, de acuerdo con la interpretación existen dos capas, la más superficial y correspondiente a depósitos arcillosos con resistividades entre 8-60 Ω m y un basamento conformado por areniscas con resistividades de 12 a 400 Ω m que se correlacionan a la Unidad

de areniscas y conglomerados calcáreos Cerco de Piedra. De acuerdo con la información de pozos cercanos, el nivel estático se localiza a una profundidad promedio de 6 m.

En el caso del Perfil 19, realizado a lo largo del camino a San Joaquín, a la altura de Monte Potrero (Figura 13) y a partir de la descripción del pozo AG-93, se detecta un espesor considerable de hasta 23,5 m de un aluvión fino (conformado por una intercalación de arcillas, limos, arenas y gravas), que registra valores de resistividad que varían entre 2 Ω m y 50 Ω m y en el cual se localiza el nivel de agua subterránea, según la información del mismo pozo AG-93 y el pozo monitoreado P-6. Subyaciendo esta primera capa y hasta una profundidad prospectada de 50 m, con valores de resistividad entre 11 Ω m y 45 Ω m se establece la presencia de las areniscas de la Unidad areniscas y lutitas Loma Danta (Tabla 17). Es importante mencionar que, en este sector en específico, la calidad físico-química de las aguas subterráneas no es apta, ya que se han detectado concentraciones superiores a las permitidas por el Reglamento de la Calidad del Agua Potable, en pozos perforados en esa zona.

Tabla 17. Modelo de capas del Perfil P-19

P-19 (Zona 2)			
CAPA	RESISTIVIDAD (ohm-m)	PROFUNDIDAD (m)	CORRELACIÓN LITOLÓGICA
1	2-50	0-23,5	Aluvión fino
2	11-45	23,5-50	Areniscas (Unidad areniscas y lutitas calcáreas Loma Danta)

Los resultados para el perfil P-20, localizado en este caso al NE de los Cerros Cerco de Piedra (Figura 13), cercano al sector donde aflora la Unidad de areniscas y lutitas Loma Danta, se presentan en la Tabla 18, estos han sido correlacionados con la descripción litológica del pozo AG-72. Como se observa, los valores obtenidos de 12 Ω m a 65 Ω m, son muy similares a los obtenidos también para la última capa detectada en el perfil P-19 correspondiente a la Unidad areniscas y lutitas calcáreas Loma Danta. En este caso el nivel estático del agua, de acuerdo al pozo AG-72, se localiza a los 15 m de profundidad, dentro de las areniscas. Como se esperaba, para el caso de las arcillas presentes en el P-20, los valores de resistividad obtenidos son mayores, en comparación a la presencia de un aluvión fino conformado por granulometrías más gruesas existentes en el P-19.

Tabla 18. Modelo de capas del Perfil P-20

P-20 (Zona 2)			
CAPA	RESISTIVIDAD (ohm-m)	PROFUNDIDAD (m)	CORRELACIÓN LITOLÓGICA
1	5-150	0-5	Arcillas
2	12-65	5-75	Areniscas (Unidad areniscas y lutitas calcáreas Loma Danta)

En el área definida para esta Zona 2, se realizó además la Tomografía Eléctrica (T-1) que como se muestra en la Figura 13, se ubica en la llanura aluvial al norte del cerro Lomas Monte Potrero. Los resultados de este ensayo se representan mediante el perfil geoelectrico de la Figura 19. (Ingeofica Dos Mil, 2016).

A partir de la correlación con el pozo AG-122, se puede determinar la presencia, como se observa, de una primera capa de un espesor de alrededor de 5 m con tonos principalmente verdosos y esporádicamente rojizos, lo que se asocia a valores de resistividad medios a altos, entre 22 Ω m y 329 Ω m, valores similares a los obtenidos para las arcillas en los perfiles geoelectricos P-14 y P-15. A partir de los 5 m de profundidad se detecta un nivel resistividades más bajas, representado por los colores azules hasta celestes que varían entre 3,1 Ω m a 22 Ω m. De acuerdo con la información de los pozos cercanos, a partir de esta profundidad se determina la presencia de areniscas, correlacionadas con la Unidad de Areniscas y Lutitas Loma Danta, cuyos bajos valores obtenidos se explican debido a la presencia del nivel estático a esta profundidad y por lo tanto a materiales saturados, lo que se corrobora con los pozos cercanos. Posteriormente, después de los 20 m de profundidad, las resistividades vuelven a aumentar a valores predominantemente entre 22 Ω m y 70 Ω m, con sectores localizados con valores entre 70 Ω m y 215 Ω m, lo que se asocia, de acuerdo a la información del pozo AG-122, a la presencia de las mismas areniscas que en algunos tramos se encuentran fracturadas y en otros más sanas y densas.

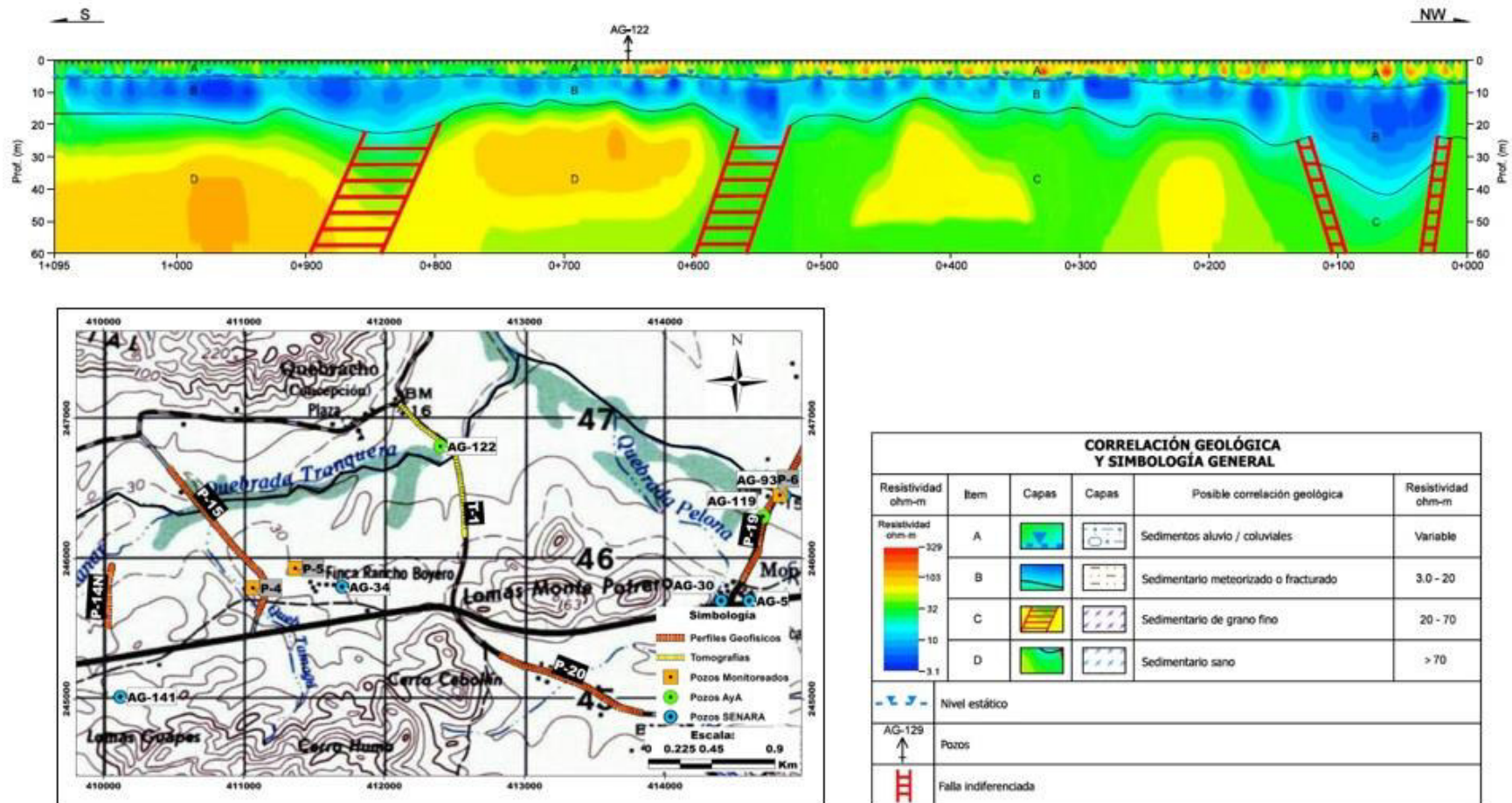


Figura 19. Perfil Geoeléctrico de la Tomografía T-1 (Ingeofica Dos Mil, 2016)

7.6.1.3 Interpretación en Zona 3

Como se mencionó anteriormente, en la zona definida como 3, geológicamente conformada por materiales de origen ígneo como los basaltos y los suelos originados a partir de la meteorización de esos basaltos, se efectuaron 3 perfiles geoelectricos en los sitios señalados en la Figura 13, los resultados obtenidos se presentan en Tabla 19 y Tabla 20 donde se describe el modelo de capas para cada uno de ellos.

Tabla 19. Modelo de capas del Perfil P-18-S

P-18-S (Zona 3)			
CAPA	RESISTIVIDAD (ohm-m)	PROFUNDIDAD (m)	CORRELACIÓN LITOLÓGICA
1	25-50	0-1,5	Suelos
2	2,5-13	1,5-7,5	Aluvión
3	6,5-22	7,5-50	Basaltos (Unidad de basaltos Lizarco)

En el caso del P-18-S, ubicado a unos 500 m del Río Abangares, al Sur de Higuerillas, se detecta la presencia de 3 capas, que se correlacionan con el pozo AG-118. La capa más superficial se relaciona a un nivel de máximo 1,5 m de espesor de suelos, con resistividades de 25 Ω m a 50 Ω m, valores similares a los señalados por Reynolds (1997). Subyaciendo esta primera capa de suelos y con un espesor determinado de 6 m, se define la existencia de un depósito aluvial relacionado a la presencia cercana del Río Abangares, en el cual se obtienen valores de resistividad entre 2,5 Ω m y 13 Ω m, ligeramente más bajos a los expuestos por Reynolds (1997), pero válidos considerando un nivel de agua subterránea a una profundidad entre 3 y 4 m. Finalmente, a profundidades entre 7 a 50 m y con valores de resistividad bajos (entre 6,5 Ω m y 22 Ω m) en comparación a los expuestos por Reynolds (1997), se correlaciona la existencia de basaltos fracturados constituyendo el basamento rocoso de la zona.

En los perfiles P-16 y P-17, localizados en las planicies del sector NE de Colorado de Abangares, donde geológicamente afloran rocas basálticas y sus productos de meteorización, se obtienen los resultados que se resumen en la Tabla 20, éstos se relacionan a la información del pozo AG-101, que es el pozo más cercano con información litológica. De forma general

y como es de esperar, asociado a este tipo de rocas se obtienen valores de resistividad altos, esto en condiciones normales y sin presencia de contaminación por intrusión salina. El modelo establecido para ese sector consiste en una delgada capa de máximo 0.7 m de suelos con resistividades de 6 Ω m hasta 60 Ω m, posteriormente y con resistividades de 3 Ω m hasta 115 Ω m se asocia la presencia de materiales consistentes con una capa producto de la transición de roca basáltica a suelos y en los cuales se encuentra el nivel del agua subterránea, según los reportes de perforación y el monitoreo de pozos cercanos, razón por la cual los valores de resistividad son muy variables (de 3 Ω m a 115 Ω m). El basamento en esta zona, constituido por rocas basálticas desde fracturadas a más consolidadas se detecta hasta una profundidad de sondeo de 75 m y asociado a ellas se obtiene un rango de resistividades desde 5 Ω m hasta 120 Ω m.

Tabla 20. Modelo de capas de los perfiles P-16 y P-17

P-16 y P-17 (Zona 3)			
CAPA	RESISTIVIDAD (ohm-m)	PROFUNDIDAD (m)	CORRELACIÓN LITOLÓGICA
1	6-60	0-0,7	Suelos
2	3-115	0,7-25	Suelos Residuales de basaltos
3	5-120	20-75	Basaltos (Unidad de Basaltos Lizarco)

7.7 Monitoreo de pozos en Colorado de Abangares y alrededores

Como parte de la investigación que se lleva a cabo en la zona de Colorado de Abangares y alrededores se realiza, desde enero del año 2016 a la fecha, un monitoreo mensual de pozos, tanto perforados como artesanales, en los cuales se miden los parámetros de niveles estáticos, dinámicos, conductividad eléctrica, pH y temperatura. Para esta investigación se considerarán las mediciones obtenidas en 36 de los 54 pozos monitoreados a la fecha, ya que éstos son los pozos localizados dentro del área de estudio y específicamente, se analizan los resultados obtenidos desde enero del 2016 a abril del 2017.

Los 36 pozos ubicados dentro del área de estudio y monitoreados para esta investigación se describen en la Tabla 21 y se localizan según se muestra en la Figura 20.

Tabla 21. Lista de pozos monitoreados, dentro del área de estudio en Colorado de Abangares y alrededores, en el periodo de Enero del 2016 a Abril del 2017.

Pozo	Propietario	X	Y	Profundidad (m)	Tipo	Rejilla (m)	Litología correlacionada a partir de este estudio
P-4	SR. ANISETO TRUJILLO	411064	245791	35.55	Perforado	Sin información	Unidad Areniscas y Conglomerados calcáreos Cerco de Piedra
P-5	FINCA AGROPECUARIA TROPICAL	411366	245931	24.6	Perforado	Sin información	Unidad Areniscas y Conglomerados calcáreos Cerco de Piedra
P-6	ASADA DE MONTE POTRERO	414818	246453	34.5	Perforado	6.1 - 34.5	Unidad Depósitos Aluvionales y Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-11	FINCA SION QUINTAVALLE	409475	243436	39.85	Perforado	11.4 - 39.85	Unidad Areniscas y Conglomerados calcáreos Cerco de Piedra
P-12	SR. EDGAR MARTÍNEZ 1	408219	244690	29.45	Perforado	Sin información	Unidad Areniscas y Conglomerados calcáreos Cerco de Piedra
P-16	SR. GUILLERMO CARRILLO DURÁN-2	406453	242929	6.34	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-17	SR. GUILLERMO CARRILLO DURÁN-3	405683	243179	2.65	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-18	ASADA PEÑAS BLANCAS	408379	241681	33	Perforado	Sin información	Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-19	SR. RAMÓN TENORIO	409168	241210	5.42	Excavado	Sin rejilla	Unidad Areniscas y Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-20	SR. PEDRO SERRANO-1	405956	241084	6.35	Excavado	Sin rejilla	Unidad Areniscas y Brechas Monteverde
P-21	CAMARONERA CERRO MAR	405300	240721	6.85	Excavado	Sin rejilla	Unidad Areniscas y Brechas Monteverde
P-22	SR. SIGIFREDO POZO-1	406413	240422	17.65	Perforado	Sin información	Unidad Areniscas y Brechas Monteverde
P-23	SR. SIGIFREDO POZO-3	406563	240263	65.5	Perforado	Sin información	Unidad Areniscas y Brechas Monteverde
P-24	SR. PEDRO SERRANO-2	406997	241694	6.32	Excavado	Sin rejilla	Unidad Areniscas y Brechas Monteverde
P-25	SR. GILBERTH GARAY OBANDO	407794	241490	19.65	Perforado	Sin información	Unidad Depósitos Aluvionales y Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-26	FINCA SION QUINTAVALLE	409941	241682	69.01	Perforado	Sin información	Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-27	ASADA DE SAN BUENAVENTURA-1	410176	242019	48.55	Perforado	5.06 - 10.2	Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-28	SR. HÉCTOR ROJAS	410193	241857	53.9	Perforado	Sin rejilla	Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-29	SR. LUIS ALFREDO GUTIÉRREZ	409635	241300	29.4	Perforado	11.77 - 29.4	Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-30	FINCA SION QUINTAVALLE	409488	241938	60.8	Perforado	Sin rejilla	Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-31	ASADA SAN BUENAVENTURA-2	410036	241335	Sellado	Perforado	8.0 - 24 (AG-78)	Unidad Depósitos Aluvionales y Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-32	ASADA SAN BUENAVENTURA-3	410002	241349	22.25	Perforado	Sin información	Unidad Depósitos Aluvionales y Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-33	CAVERNA	410927	241322	Sellado	Perforado	Sin información	Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-34	SR. CARLOS BONILLA	415890	240707	4.67	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-35	SR. ISAÍAS RUIZ	414691	243150	12.69	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-36	SR. PEDRO GUTIÉRREZ CALVO	414950	241088	7	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-37	SR. FELIPE UMAÑA	417719	242037	30	Perforado	Sin información	Unidad Basaltos Lizarco
P-38	SR. EDUARDO SÁNCHEZ	418637	245236	Sellado	Perforado	Sin información	Unidad Basaltos Lizarco
P-41	SR. TEODERO VEGA	417906	241143	6.04	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-42	FINCA LA MAYALTA	419585	240969	64.65	Perforado	Sin información	Unidad Basaltos Lizarco
P-43	AYA BARBUDAL	415231	243116	Sellado	Perforado	19 -22 y de 25 - 28 (AG-102-AyA) (AG-84)	Unidad Conglomerados El Chorro
P-44	SRA. BONIFACIA MASÍS	412376	240561	18.8	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-45	SR. EDUARDO CAMPOS	420550	240184	23.65	Perforado	Sin información	Unidad Basaltos Lizarco
P-46	POZO POTRERO-HIGUERILLAS	422214	240641	6.87	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-47	SR. JORGE CALVO CALVO	422390	241348	8	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-49	SR. QUINTÍN GUTIERREZ CALVO	414806	243142	26.5	Perforado	Sin información	Unidad Depósitos Aluvionales

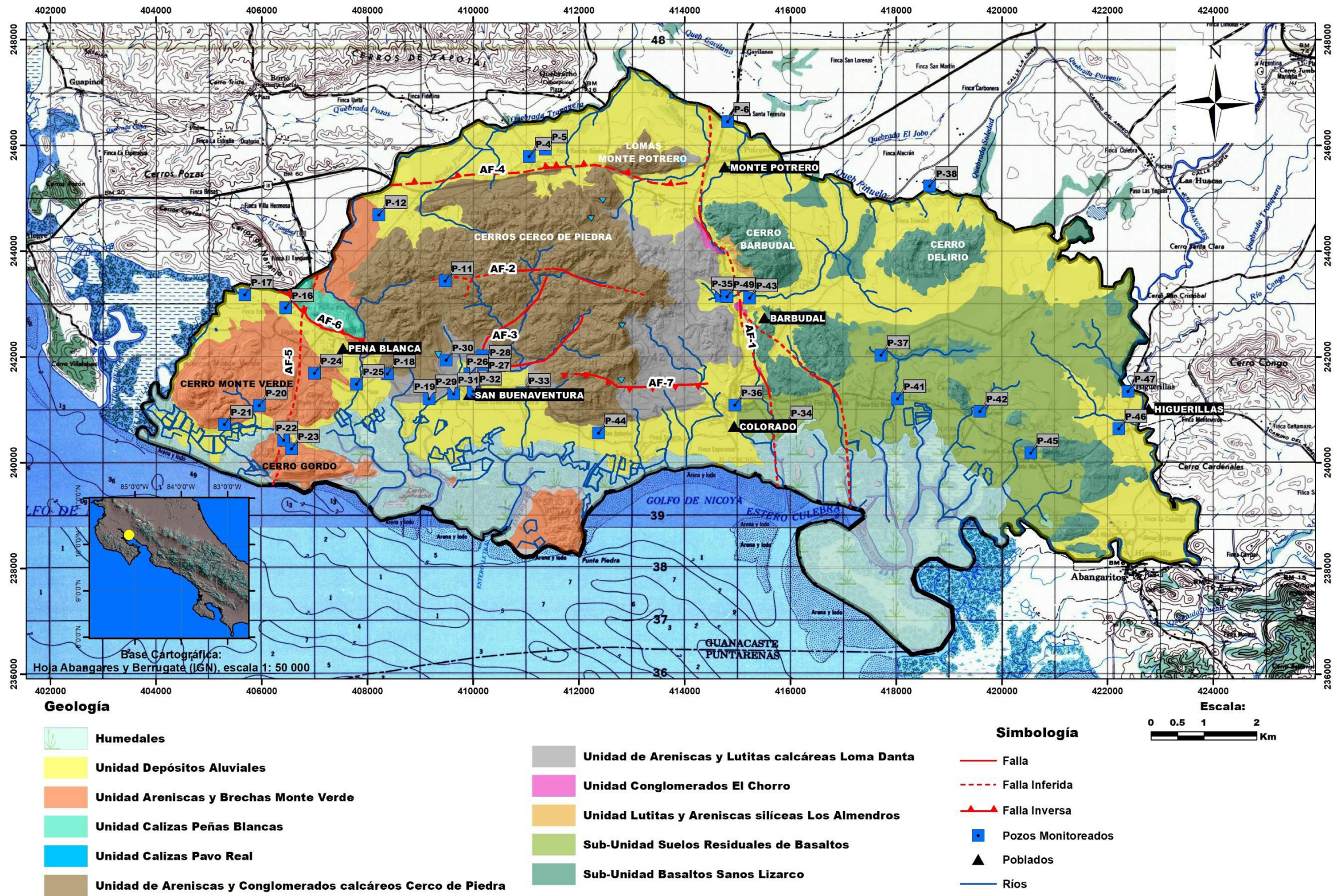


Figura 20. Ubicación de los pozos monitoreados en la zona de Colorado de Abangares y alrededores

7.7.1 Niveles de agua subterránea

En relación a la variación de los niveles de agua subterránea de los pozos monitoreados en el período de enero del 2016 a abril del 2017, se observa que, los niveles medidos durante los meses de enero a mayo del año 2016 fueron más bajos a los medidos, durante los mismos meses del año 2017, esto debido al período de sequía producto del fenómeno de El Niño que afectó la zona durante casi todo el año 2015.

Durante el período analizado, los niveles más bajos en los pozos monitoreados, tanto artesanales como perforados, se presentan entre los meses de enero a mayo-junio del año 2016, coincidiendo, según los datos de las estaciones meteorológicas de Colorado y CEMEX (Gráfico 1 y Gráfico 2), con la época seca del año, especialmente afectado por el fenómeno de El Niño ocurrido en el año 2015. Por el contrario, los niveles más altos de las aguas de los pozos se midieron entre los meses de setiembre a diciembre del año 2016, en algunos casos extendiéndose inclusive a enero del 2017, producto de la recarga originada durante los meses de mayores precipitaciones (mayo a octubre). (Gráfico 1 y Gráfico 2).

De los 36 pozos monitoreados 13 son excavados (Tabla 21), con profundidades que varían entre 2,65 m en P-17 y 18,8 m en P-44 (ambos localizados en la Zona 1). En estos 13 pozos excavados los niveles estáticos oscilan entre 0,27 m.b.n.s medido en el pozo P-17 en diciembre del 2016 y 15,13 m.b.n.s medido en el P-44 en Mayo del 2016. Como se muestra en el Gráfico 12, Gráfico 13 y Gráfico 14 en general, durante los meses de menor precipitación, los niveles también están más bajos, sin embargo, cuando se presentan las máximas en precipitaciones (entre los meses de mayo y octubre) la recarga se registra hasta los meses entre junio y diciembre.

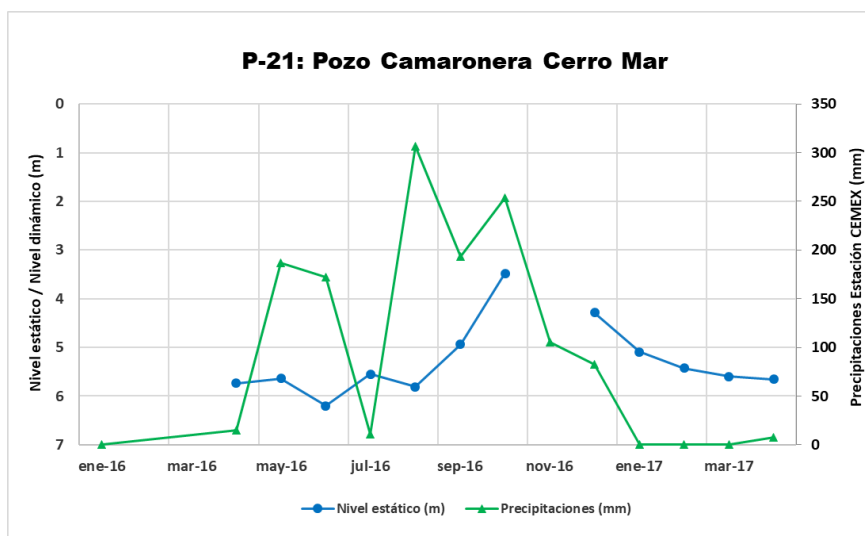


Gráfico 12. Precipitaciones registradas en la Estación CEMEX vs el nivel estático en el pozo excavado P-21 de la Zona 1

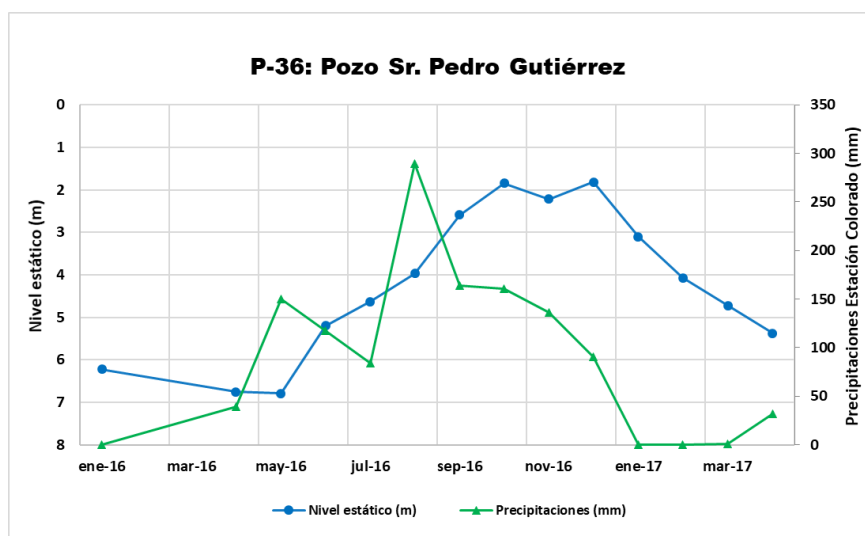


Gráfico 13. Precipitaciones registradas en la Estación de la Intendencia de Colorado vs el nivel estático en el pozo excavado P-36 de la Zona 1

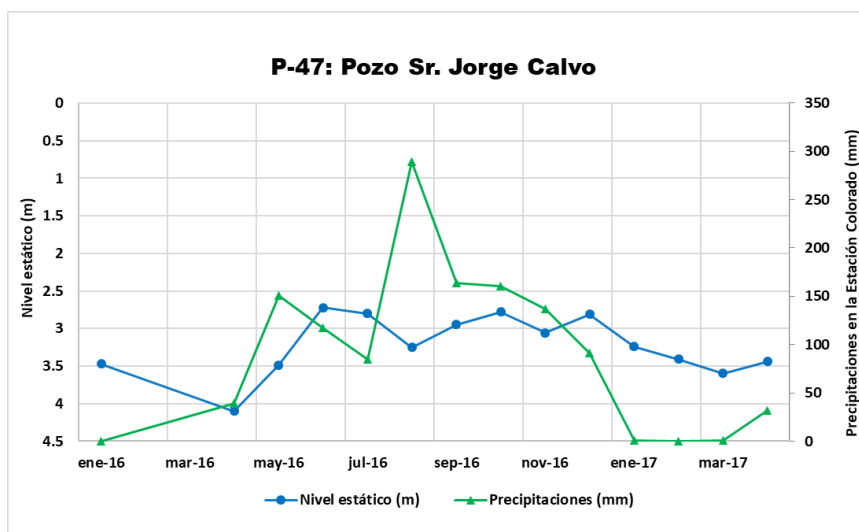


Gráfico 14. Precipitaciones registradas en la Estación de la Intendencia de Colorado vrs el nivel estático en el pozo excavado P-47 de la Zona 3

Los 23 pozos restantes de la red de monitoreo son perforados, con profundidades que varían entre 17, 65 m en el pozo P-22 y 69 m en el pozo P-26, también los dos ubicados en la Zona 1 (Tabla 21 y Figura 20). Los niveles estáticos oscilan entre 0, 65 m.b.n.s, medido en el pozo P-29 (Zona 1) medido en octubre del 2016 (época de mayores precipitaciones) y 23, 25 m.b.n.s, medido en el mes de mayo del 2016 en el pozo P-37 de la Zona 3 (durante el período que registra las más bajas precipitaciones). Al igual que en el caso de los pozos artesanales, durante los meses de menor precipitación, los niveles, en general son más bajos y aumentan posteriormente al inicio de las máximas precipitaciones.

A continuación, se presentan algunos gráficos que muestran este comportamiento de las precipitaciones con respecto a los niveles estáticos de pozos perforados de las zonas 1 y 2.

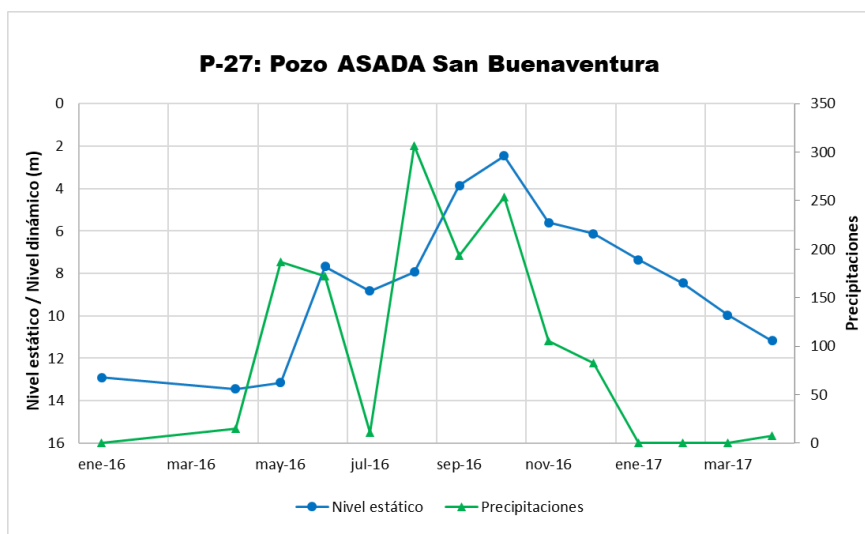


Gráfico 15. Precipitaciones registradas en la Estación CEMEX vrs el nivel estático en el pozo perforado P-27 de la Zona 1

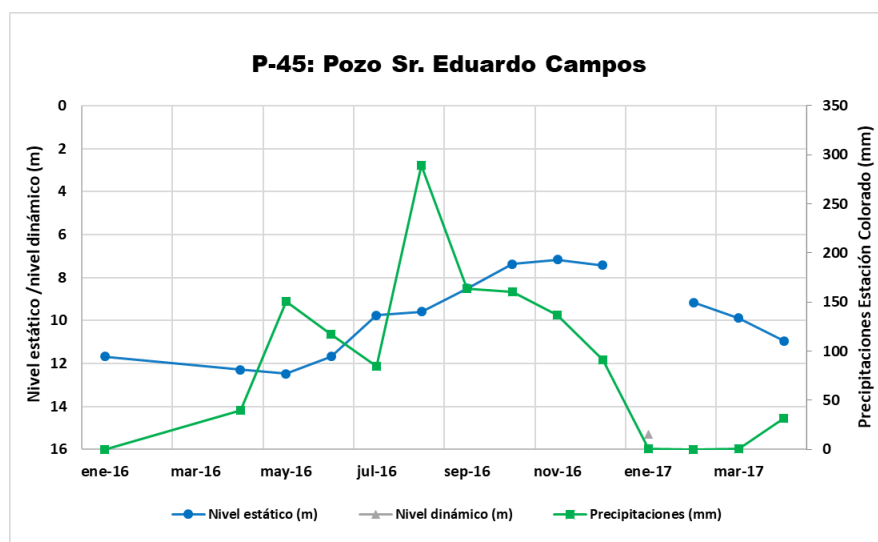


Gráfico 16. Precipitaciones registradas en la Estación de la Intendencia de Colorado vrs el nivel estático en el pozo perforado P-45 de la Zona 1

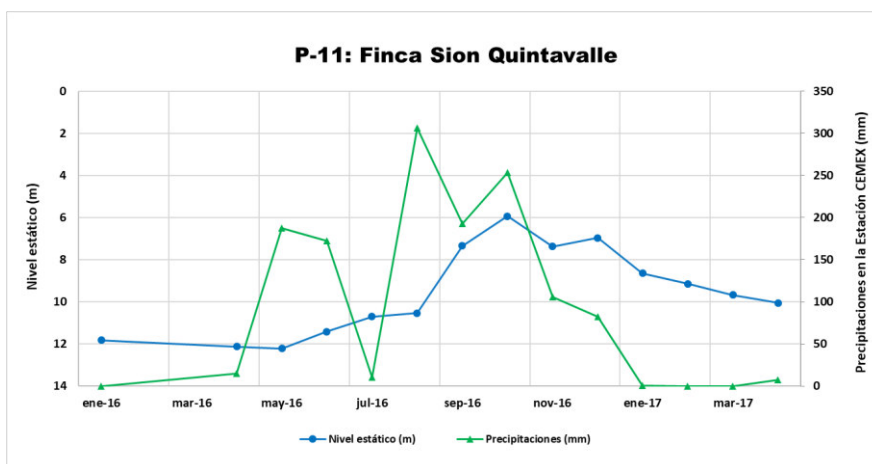


Gráfico 17. Precipitaciones registradas en la Estación CEMEX vs el nivel estático en el pozo perforado P-11 de la Zona 2

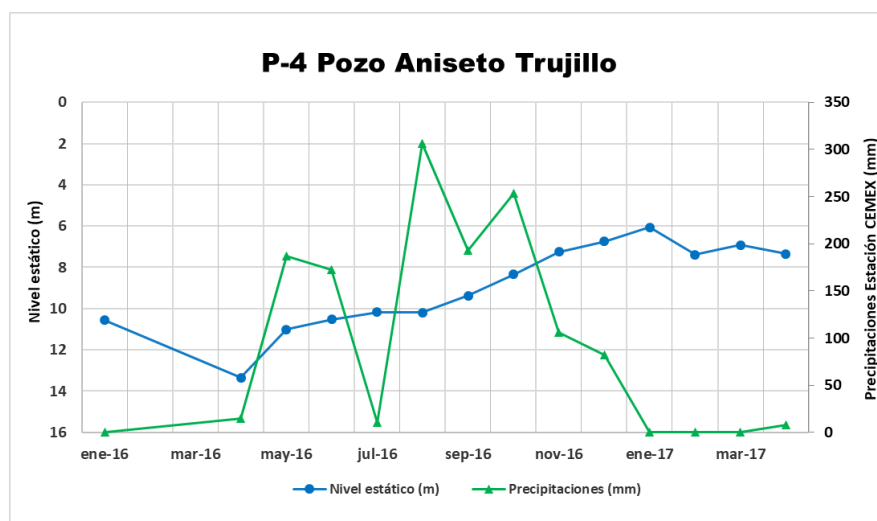


Gráfico 18. Precipitaciones registradas en la Estación CEMEX vs el nivel estático en el pozo perforado P-4 de la Zona 2

Como se mencionó anteriormente, tanto en los pozos excavados como en los perforados de las 3 zonas definidas para el área de estudio, el comportamiento en la variación de los niveles de agua subterránea es similar y concuerda con las variaciones en las precipitaciones a lo largo del año.

7.7.2 Conductividad eléctrica

Como parte del monitoreo mensual realizado en los 36 pozos incluidos en el área de estudio, se realizan mediciones de conductividad eléctrica, de acuerdo con la metodología indicada en el apartado 4.2. Este parámetro mide el contenido de iones en las muestras de agua.

El Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S de enero del 2015 indica, para el parámetro de conductividad eléctrica, un valor alerta (VA) de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este valor alerta, de acuerdo con el mismo reglamento se define como *“...aquella concentración de sustancias químicas que implica un riesgo mínimo o aceptable para la salud de los consumidores y que es utilizado por el ente operador y por el Ministerio de Salud antes de que exceda el Valor Máximo Admisible”*.

Del análisis de los resultados obtenidos, para este parámetro y en el período comprendido entre los meses de enero del 2016 a abril del 2017, se determina en primer lugar, que las medidas de las conductividades eléctricas fueron mayores durante los meses de la época seca del año 2016 en comparación a los mismos meses del año 2017 (Gráfico 19, Gráfico 20, Gráfico 21). Además, se observa una tendencia general a que los valores de conductividad se eleven durante los meses en los que el nivel estático se encuentra más bajo, es decir entre enero y julio, inclusive agosto y se observa bien, en algunos pozos, una disminución de las conductividades eléctricas cuando aumentan los niveles de agua, lo que ocurre entre los meses de agosto a diciembre, como por ejemplo se puede observar en los siguientes gráficos.

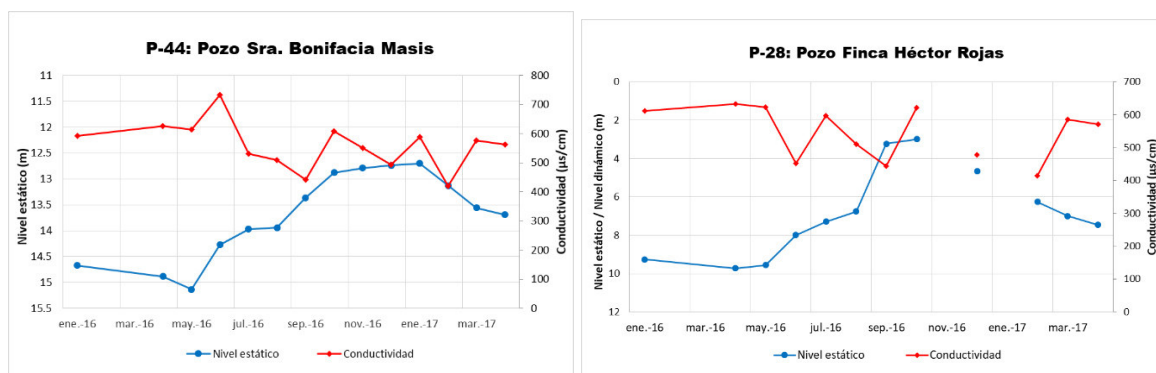


Gráfico 19. Datos de niveles estáticos vs conductividad eléctrica obtenidos durante el período de enero del 2016 a abril del 2017 en un pozo excavado (izquierda) y uno perforado (derecha) de la Zona 1.

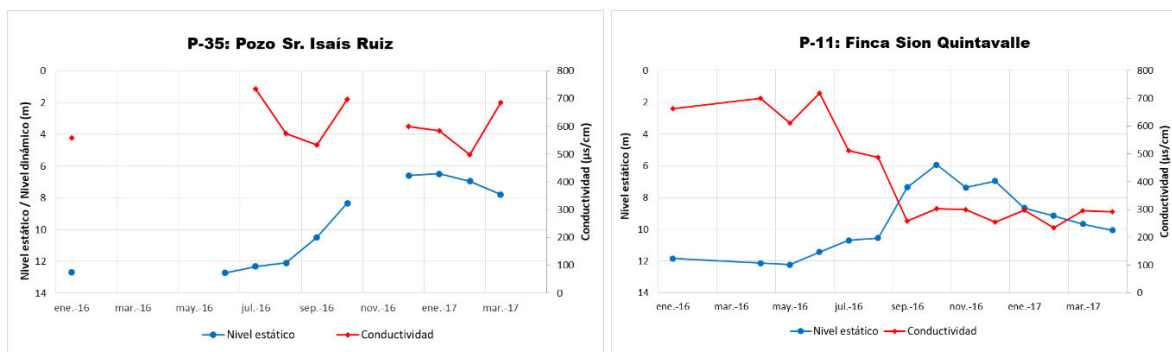


Gráfico 20. Datos de niveles estáticos vs conductividad eléctrica obtenidos durante el período de enero del 2016 a abril del 2017 en un pozo excavado (izquierda) y uno perforado (derecha) de la Zona 2.

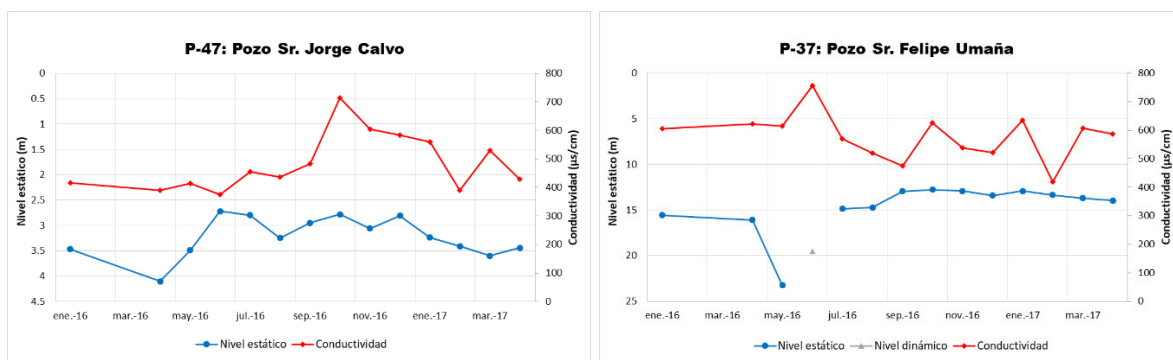


Gráfico 21. Datos de niveles estáticos vs conductividad eléctrica obtenidos durante el período de enero del 2016 a abril del 2017 en un pozo excavado (izquierda) y uno perforado (derecha) de la Zona 3.

A continuación, se realiza con mayor detalle, un análisis de los valores obtenidos de conductividades eléctricas en los pozos de las diferentes zonas definidas (Figura 12). La ausencia del valor de medición en algunos meses se debe a que no se pudo muestrear el pozo por ausencia del propietario, dificultades para el ingreso al sitio de ubicación del pozo y en el caso en particular del mes de noviembre del 2016, debido a las afectaciones ocurridas por el Huracán Otto.

7.7.2.1 Zona 1

En esta zona los valores de conductividad de los pozos excavados varían entre 445 $\mu\text{S/cm}$, valor más bajo medido durante el mes de junio del 2016, en el pozo P-24 localizado al SW de la zona de estudio y 12. 590 $\mu\text{S/cm}$ medido en el pozo P-34, localizado junto a una salina, durante el mes de abril del 2016, cuando los niveles de agua están más bajos. Se registran valores mayores a los 20. 000 $\mu\text{S/cm}$ en el pozo excavado P-17 ubicado cerca del estero al Oeste de la zona de estudio. En el caso de los pozos perforados de esta zona 1, los valores de conductividad son ligeramente más bajos que los de los pozos excavados, oscilan entre 280, 2 $\mu\text{S/cm}$ medido en el P-32 de la ASADA de San Buenaventura, durante el mes de febrero del 2017, cuando en general, los niveles están altos y 7. 790 $\mu\text{S/cm}$ medido en agosto del 2016 en el P-22 ubicado nuevamente hacia el sector SW, cerca del estero. De los 22 pozos

localizados en esta zona, 12 presentaron, en al menos una ocasión del período analizado, una medición superior a los 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el caso de los pozos P-16, P-17, P-18, P-19, P-22, P-25, P-26 y P-34, mantuvieron medidas de más de 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ prácticamente durante todo el año, todos estos pozos se ubican principalmente hacia el sector Oeste de la zona (Figura 20, Gráfico 22 y Anexo 4).

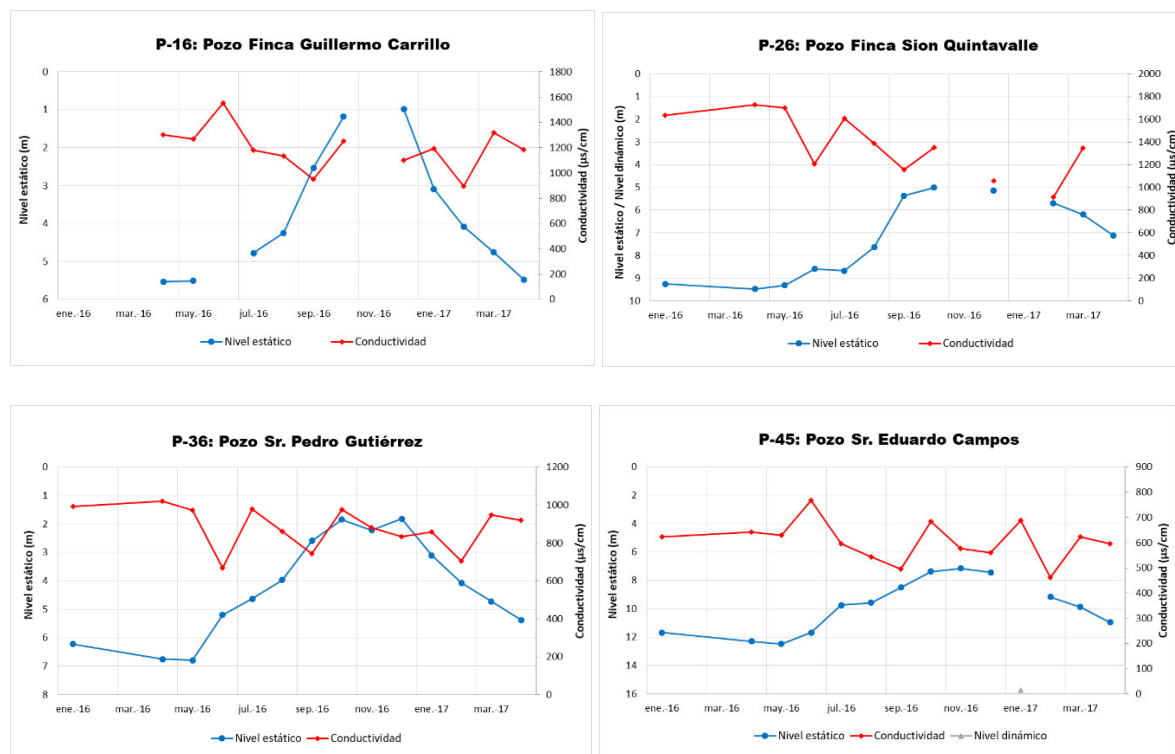


Gráfico 22. Resultados de niveles estáticos vs conductividad eléctrica obtenidos en pozos excavados y perforados de la Zona 1.

En los pozos P-41 y P-45, ubicados en la Zona 1, pero hacia el sector este, las mediciones de conductividad no sobrepasan los 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Como se observa en la Figura 21, estos valores de conductividad superiores a los 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se midieron en pozos localizados principalmente en el Oeste de la Zona 1, adyacentes al Golfo de Nicoya y al pie de los cerros conformados por litologías sedimentarias con composición carbonatada, por lo que los altos resultados obtenidos se relacionan a la suma

de la presencia de aguas subterráneas con una fuerte composición carbonatada, más la afectación por la intrusión salina.

7.7.2.2 Zona 2

La Zona 2, definida por los terrenos geológicamente conformados por rocas sedimentarias con un fuerte componente carbonatado, se monitorean 7 pozos (Figura 20). En general, los valores de conductividad eléctrica obtenidos en esta zona son más bajos comparados con los de la Zona 1 en donde se observa una influencia de intrusión salina. En el único pozo excavado de esta zona (P-35), localizado en el sector central de la zona de estudio, los valores varían entre 497,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ medido en febrero del 2017 y 735 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor más alto obtenido en julio del 2016, no se tienen mediciones de conductividad entre los meses de febrero a mayo del 2016 porque el pozo se secó (Gráfico 23). En los pozos perforados se determinan valores entre 233, 4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 806 $\mu\text{S}/\text{cm}$, medidos en el mes de febrero del 2017 y julio del 2016 en los pozos P-11 y P-27 respectivamente (Gráfico 23) y Anexo 4. En esta zona los rangos de valores de conductividad obtenidos se relacionan, como ya se ha mencionado, a la influencia de la composición carbonatada de las rocas sedimentarias por las que recorren las aguas, por lo que se pueden obtener aumentos en las conductividades electricas con los ascensos de los niveles o al aumentar la recarga.

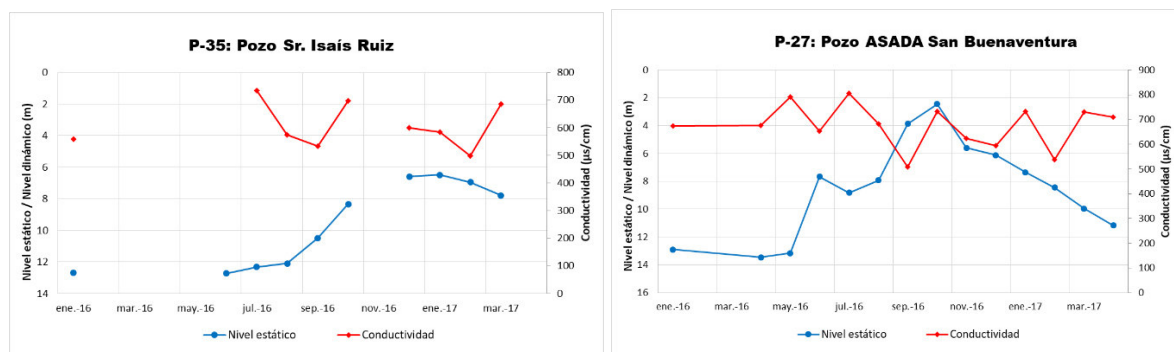


Gráfico 23. Resultados de niveles estáticos vs conductividad eléctrica obtenidos durante el período de enero del 2016 a abril del 2017 en pozos excavado (P-35) y perforado (P-27) de la Zona 2.

7.7.2.3 Zona 3

Por último, en la zona localizada hacia el este del área de estudio, conformada geológicamente por materiales de origen ígneo se monitorean 7 pozos (Figura 20). En general y para el período analizado, se obtienen medidas inferiores a los 776 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En los 2 pozos excavados las conductividades oscilan entre 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 714, 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, medidas en junio y octubre del año 2016, en los pozos P-46 y P-47 respectivamente. Los resultados obtenidos en los pozos perforados ubicados en esta zona varían entre 243, 6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ medido durante el mes de febrero 2017 en el P-42 y 714 $\mu\text{S}/\text{cm}$ medido en abril del 2016 en el P-49, coincidiendo este comportamiento con los meses en los que los niveles aumentan y disminuyen debido a las variaciones en las precipitaciones (Gráfico 24 y Anexo 4).

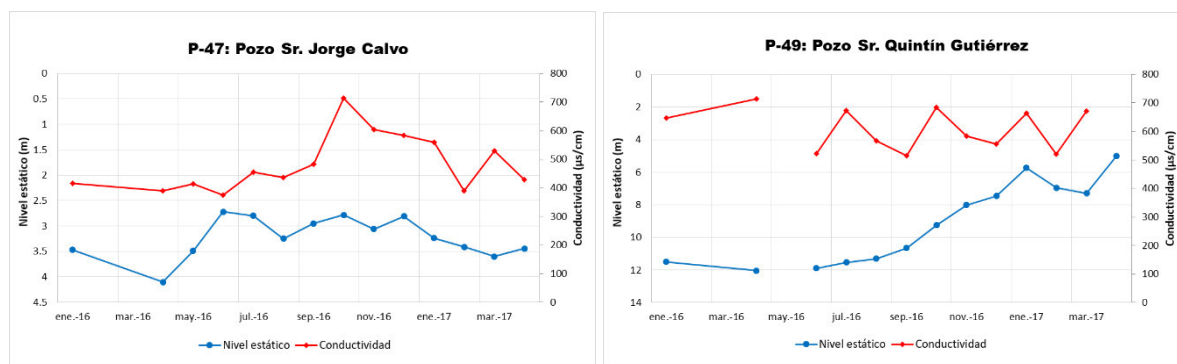


Gráfico 24. Resultados de niveles estáticos vs conductividad eléctrica obtenidos durante el período de enero del 2016 a abril del 2017 en los pozos excavado (P-47) y perforado (P-49) de la Zona 3.

Considerando que el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S, señala un valor alerta de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el parámetro de conductividad eléctrica, se determina que, durante el período analizado (de enero del 2016 a abril del 2017), sólo dos pozos de la Zona 1 (P-29 y P-32) han presentado, en algunos de los meses analizados, valores menores al valor alerta de dicho reglamento, pues han tenido resultados menores a los 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En la Zona 2, sólo el pozo P-11 ha tenido valores menores al valor alerta y cumplió esta condición desde setiembre del 2016 a abril del 2017, sin embargo, de enero del 2016 a agosto del 2016 presentó valores entre 488 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 718 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En la Zona 3, tres pozos tuvieron valores

menores a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en algunos de los meses del período evaluado, pero también han alcanzado mediciones de hasta 714 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 21). Ninguno de los pozos monitoreados, dentro del área de estudio y en el período analizado, de enero del 2016 a abril del 2017, mantuvo resultados de conductividades eléctricas menores al Valor Alerta, de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ establecido, durante todos los meses.

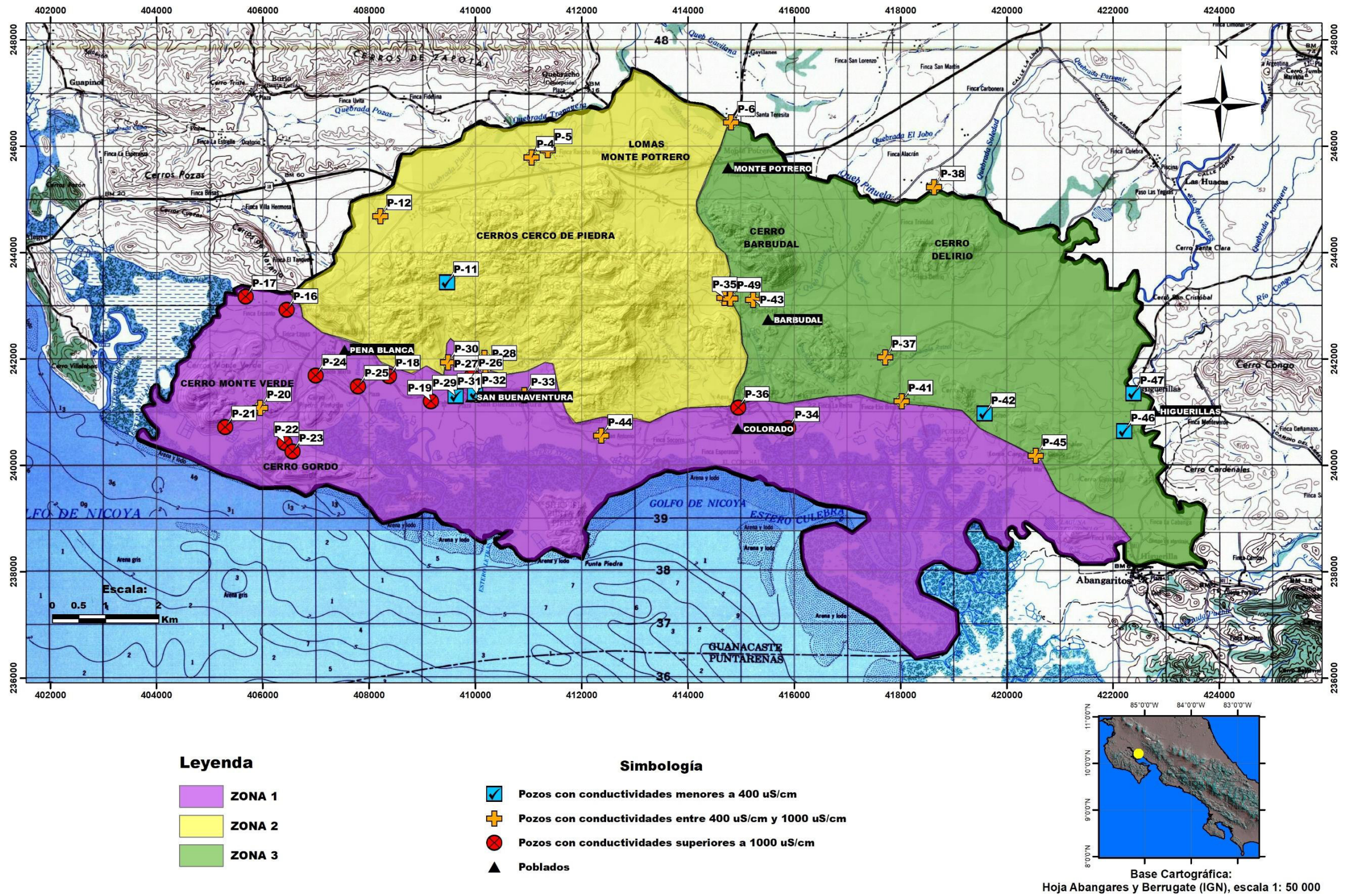


Figura 21. Valores de conductividad en pozos monitoreados por zonas en la zona de Colorado de Abangares y alrededores

7.8 Análisis hidro-geoquímico de las aguas de los pozos de Colorado de Abangares y alrededores

Para el análisis físico químico de las aguas subterráneas en la zona de Colorado de Abangares y alrededores, se realizaron dos campañas de muestreo físico-químico, en conjunto con personal acreditado y equipo del Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) del AyA, en 16 pozos (tanto perforados como artesanales) que se indican en la Tabla 22, seleccionados de la red de monitoreo y localizados en sitios estratégicos para una buena distribución de la información, tal y como se observa en la Figura 22.

El muestreo se realizó tanto a pozos utilizados para el consumo humano como a pozos de uso agrícola o de uso poco frecuente, esto a pesar de que el Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015), aplique sólo para la evaluación de pozos utilizados para el consumo humano. El detalle de los resultados de las concentraciones de cada parámetro medido en cada uno de los 16 pozos muestreados, así como las observaciones indicadas por el laboratorio en relación al cumplimiento del Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S se encuentran en el Anexo 5.

Tabla 22. Pozos seleccionados de la red de monitoreo de Colorado de Abangares y alrededores para el muestreo físico químico en conjunto con el Laboratorio Nacional de Aguas del AyA.

Pozo	Propietario	X	Y	Profundidad (m)	Tipo	Rejilla (m)	Litología correlacionada a partir de este estudio
P-4	SR. ANISETO TRUJILLO	411064	245791	35.55	Perforado	Sin información	Unidad Areniscas y Conglomerados calcáreos Cerco de Piedra
P-6	ASADA DE MONTE POTRERO	414818	246453	34.5	Perforado	6.1 - 34.5	Unidad Depósitos Aluvionales y Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-11	FINCA SION QUINTAVALLE	409475	243436	39.85	Perforado	11.4 - 39.85	Unidad Areniscas y Conglomerados calcáreos Cerco de Piedra
P-16	SR. GUILLERMO CARRILLO DURÁN-2	406453	242929	6.34	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-18	ASADA PEÑAS BLANCAS	408379	241681	33	Perforado	Sin información	Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-21	CAMARONERA CERRO MAR	405300	240721	6.85	Excavado	Sin rejilla	Unidad Areniscas y Brechas Monteverde
P-27	ASADA DE SAN BUENAVENTURA-1	410176	242019	48.55	Perforado	5.06 - 10.2	Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-31	ASADA DE SAN BUENAVENTURA-2	410036	241335	Sellado	Perforado	8.0 - 24 (AG-78)	Unidad Depósitos Aluvionales y Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta
P-34	SR. CARLOS BONILLA	415890	240707	4.67	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-37	SR. FELIPE UMAÑA	417719	242037	30	Perforado	Sin información	Unidad Basaltos Lizarco
P-38	SR. EDUARDO SÁNCHEZ	418637	245236	Sellado	Perforado	Sin información	Unidad Basaltos Lizarco
P-42	FINCA LA MAYALTA	419585	240969	64.65	Perforado	Sin información	Unidad Basaltos Lizarco
P-43	AYA BARBUDAL	415231	243116	Sellado	Perforado	19 - 22 y de 25 - 28 (AG-102-AyA) (AG-84)	Unidad Conglomerados El Chorro
P-44	SRA. BONIFACIA MASÍS	412376	240561	18.8	Excavado	Sin rejilla	Unidad Depósitos Aluvionales
P-45	SR. EDUARDO CAMPOS	420550	240184	23.65	Perforado	Sin información	Unidad Basaltos Lizarco
P-49	SR. QUINTÍN GUTIERREZ CALVO	414806	243142	26.5	Perforado	Sin información	Unidad Depósitos Aluvionales

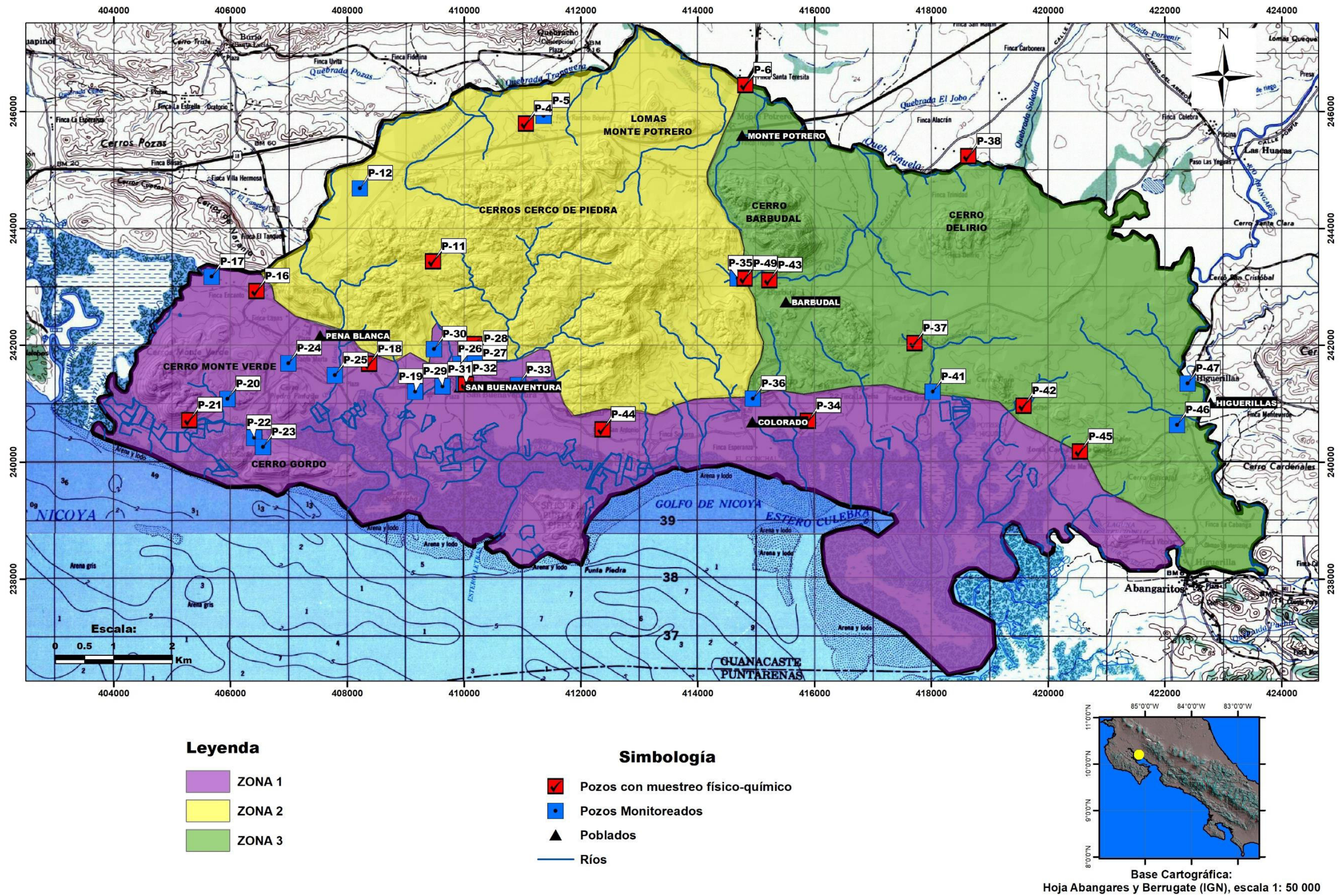


Figura 22. Ubicación de pozos con muestreo físico-químico en la zona de Colorado de Abangares y alrededores

Los muestreos se realizaron en los meses de junio del 2016 (correspondiente al inicio de la época lluviosa) y enero del 2017 (durante la época seca), tal y como se observa en los gráficos de precipitaciones de las estaciones de Colorado y CEMEX (Gráfico 1 y Gráfico 2).

El muestreo consistió en la recolección de muestras de agua de los pozos, para el análisis físico-químico completo (incluyendo la determinación de las concentraciones de aniones y cationes), por lo que se cumplió con todas las normas de recolección, almacenamiento y transporte de la ASTM-D4448 (2013). La mayoría de los pozos seleccionados para el muestreo se encontraban equipados con bomba y en frecuente funcionamiento, sin embargo, también se muestrearon pozos que no contaban con bomba o cuyo bombeo no era continuo como por ejemplo P-11, P-27, P-6 y P-44, estos dos últimos localizados junto a pozos bombeados continuamente, pero que no se podían muestrear. En el caso de los pozos P-11 y P-27, que no contaban con bomba, se muestrearon directamente con el bayler, debido a que eran pozos estratégicos con respeto a la ubicación.

En general, durante este primer muestreo, los parámetros que sobrepasaron las concentraciones establecidas como máximas y alertas en el Reglamento mencionado anteriormente, fueron: Selenio (P-27), Manganeso (P-34), Color aparente (P-11), Amonio (P-16 y P-21), Dureza Total (P-16, P-18, y P-34), Conductividad (P-16, P-18, P-21 y P-34), Sulfatos (P-16 y P-34), Calcio (P-16, P-18, P-21 y P-34), Cloruros (P-18, P-21 y P-34), Nitratos (P-27 y P-42), Magnesio (P-34), pH (P-34), Sodio (P-34), Temperatura (P-34), Aluminio (P-49), Hierro (P-49) y Turbiedad (P-49). Mientras que, durante el segundo muestreo realizado en enero del 2017, en general, los pozos no cumplieron con las concentraciones de: Calcio (P-4, P-6, P-16, P-18, P-21, P-27, P-31, P-34, P-43, P-44 y P-49), Dureza Total (P-4, P-16, P-18, P-27, P-34 y P-43), Hierro (P-49), Olor (P-16 y P-21), Sulfatos (P-16), Cloruros (P-18 y P-34), Magnesio (P-34), Aluminio (P-49), Color (P-49), así como en los parámetros de Turbiedad (P-49), Conductividad (P-4, P-6, P-16, P-18, P-21, P-27, P-31, P-34, P-43 y P-49) y pH (P-42).

A continuación, se presentan algunos gráficos comparativos de los resultados obtenidos para los parámetros de pH y alcalinidad durante el primer y segundo muestreo. Más adelante se detallarán los resultados de las concentraciones de los principales iones analizados.

Como se muestra en el Gráfico 25, los valores de pH obtenidos tanto en el primer muestreo como en el segundo tienen un comportamiento similar, a excepción de la muestra P-42 (finca en la que se cultiva teca), que constituye una anomalía muy localizada, con un valor de pH de hasta 9,16 obtenido en el segundo muestreo.

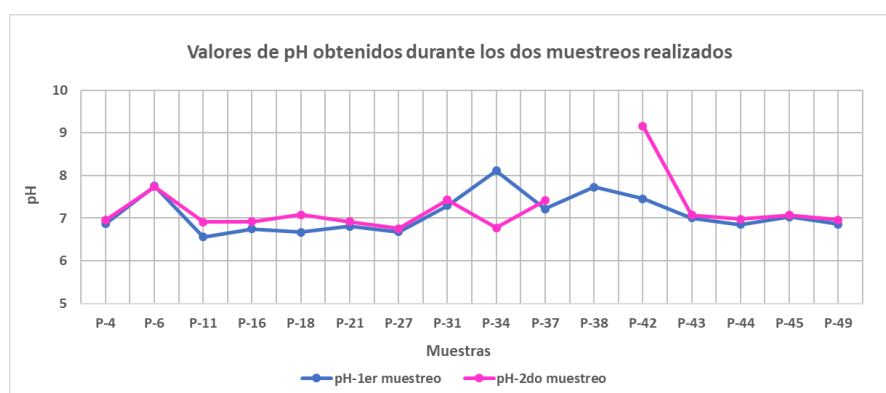


Gráfico 25. Comparación de los valores de pH obtenidos en el primer y segundo muestreo realizado.

En el caso de la alcalinidad, en el Gráfico 26 se observa que, en la mayoría de las muestras de agua analizadas, los resultados de este parámetro en el segundo muestreo aumentaron con respecto al primero, excepto en los casos de los pozos P-11 de la Zona 2 y P-42 de la Zona 3 (mismo que muestra la anomalía en el pH), en los cuales la alcalinidad medida muestra valores muy por debajo de los medidos para el resto de las muestras. La muestra P-42 presenta las alcalinidades más bajas en ambos muestreos.

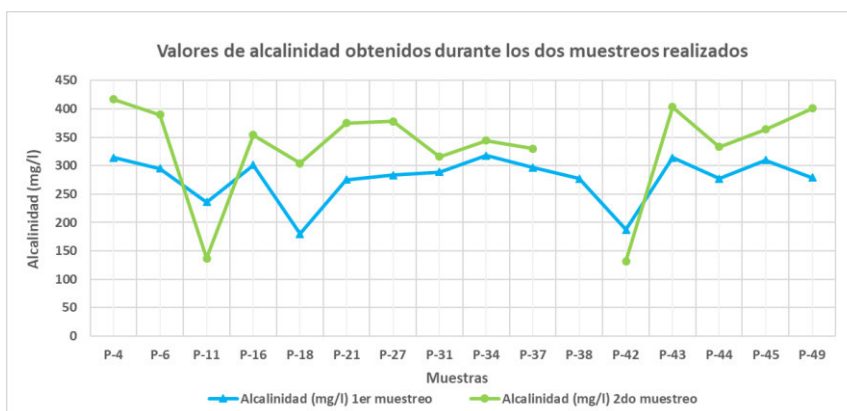


Gráfico 26. Comparación de los valores de alcalinidad obtenidos en el primer y segundo muestreo realizado.

De acuerdo con la información de la Tabla 5, la presencia de calcio y bicarbonatos se relacionan con la disolución de calizas y rocas con cemento calcáreo, que tal y como se indicó en el apartado 7.2, de Geología Local, existen al Oeste de la zona de estudio. Además, en la misma tabla, se señala que la presencia de iones como: Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- y SO_4^{2-} se asocia, principalmente, al lavado de sedimentos de origen marino o a mezclas con agua de mar, pero también, en ocasiones pueden ser originadas por presencia de algunos minerales, contaminaciones de tipo urbana, industrial, agrícola o minera.

En cuanto a contenidos de nitratos en las aguas subterráneas se correlacionan, principalmente, con la descomposición de materia orgánica, a contaminación urbana, industrial, ganadera o producto de abonos agrícolas. Las altas concentraciones de nitratos en las aguas de los pozos, en la zona de estudio, puede estar asociado a la descomposición de materia orgánica y a la contaminación por actividad ganadera, mientras que la presencia de hierro se asocia a la composición de las rocas sedimentarias y óxidos de hierro (Tabla 5).

Con respecto al parámetro de la conductividad eléctrica, medido durante el primer muestreo, en junio del 2016 cuando, según se analizó anteriormente, los niveles estáticos se encontraban más bajos y por consiguiente se midieron los valores de conductividad más elevados (Tabla 23 y Gráfico 27), se encontró que ninguno de los 16 pozos muestreados dentro del área de estudio tuvo valores por debajo del Valor Alerta establecido en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015). Para el segundo muestreo, realizado

en enero del 2017, mes incluido dentro del período en el que se miden los niveles de agua más someros, sólo en dos de los pozos muestreados (P-11, en la Zona 2 y P-42, en la Zona 3) se obtuvo un resultado menor al del Valor alerta de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, coincidiendo con las muestras en las que se midieron los valores más bajos de alcalinidad (Gráfico 26), sin embargo, en general, se observa una disminución de la conductividad eléctrica durante el segundo muestreo, con respecto al primero (Tabla 23 y Gráfico 27), este comportamiento coincide con un aumento leve en los datos de pH, pero también, un aumento general de los valores de alcalinidad a excepción de las muestras P-11 y P-42, comentadas anteriormente.

Tabla 23. Valores de conductividad eléctrica obtenidos durante el Primer y Segundo muestreo físico-químico en los pozos seleccionados de la red de monitoreo de Colorado de Abangares y alrededores.

Pozo	PRIMER MUESTREO (JUNIO, 2016)	SEGUNDO MUESTREO (ENERO, 2017)
	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
P-4	549	730
P-6	573	757
P-11	544	297
P-16	1554	1191
P-18	2040	1145
P-21	1694	743
P-27	653	733
P-31	952	734
P-34	8110	2040
P-37	755	635
P-38	426	SD
P-42	695	388
P-43	540	684
P-44	733	590
P-45	767	688
P-49	523	665

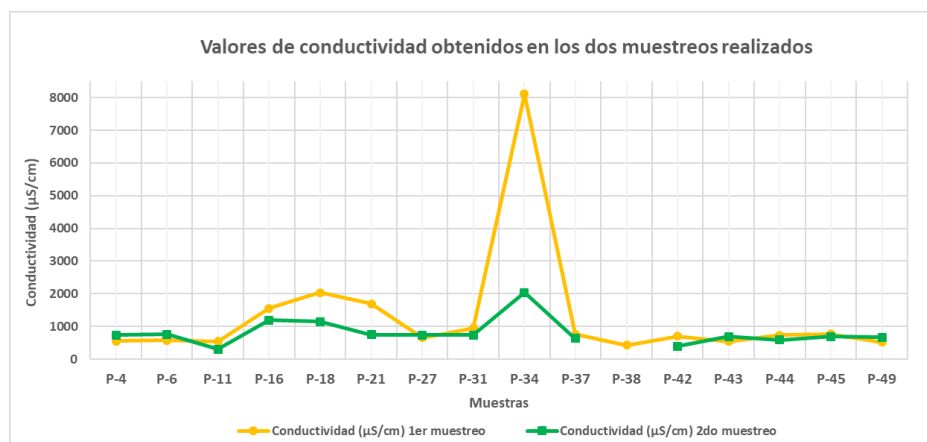


Gráfico 27. Comparación de los valores de conductividad eléctrica obtenidos en el primer y segundo muestreo realizado.

De acuerdo con el LNA, el Valor Alerta (VA) del parámetro de conductividad eléctrica, representa, como su nombre lo indica, un resultado que debe considerarse para el análisis más detallado de la muestra de agua evaluada, ya que este parámetro representa la suma de una serie de sales disueltas, dentro de las que se encuentran Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ . Por tanto, aunque el resultado de la conductividad sea superior al VA, si el análisis de cada una de las sales individualmente se encuentra dentro de los límites aceptables del Reglamento para la Calidad del Agua Potable, el resultado de la conductividad es aceptable.

7.8.1 Caracterización química de las aguas de Colorado de Abangares y alrededores

En el Gráfico 28 y Gráfico 29 se muestran los resultados de las concentraciones obtenidas de los iones (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , F^- , SO_4^{2-} , y HCO_3^- , en mg/l), en los análisis físico-químicos, tanto del primer muestreo como del segundo, realizados por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), en el cual además se indican, entre paréntesis, los valores recomendados (VR) y máximos (VM) de cada parámetro establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

Como se muestra en el Gráfico 28, para los cationes analizados durante el primer muestreo, en el caso del Ca^{2+} , 4 muestras (P-16, P-18, P-21 y P-34) todas de la Zona 1, superaron el

valor recomendado (VR) de 100 mg/l, para el ión Mg^{2+} , sólo la muestra P-34 superó el valor máximo de 50 mg/l. Las concentraciones obtenidas de potasio, en todas las muestras analizadas, fueron menores al valor máximo (VM) de 10 mg/l establecido, sin embargo, se observan que las concentraciones en las muestras P-11 (Zona 2), P-16 y P-34 (Zona 1) son muy superiores a las del resto de las muestras analizadas. Finalmente, también en el caso del ión Na^+ sólo la muestra P-34 superó en valor máximo de 200 mg/l.

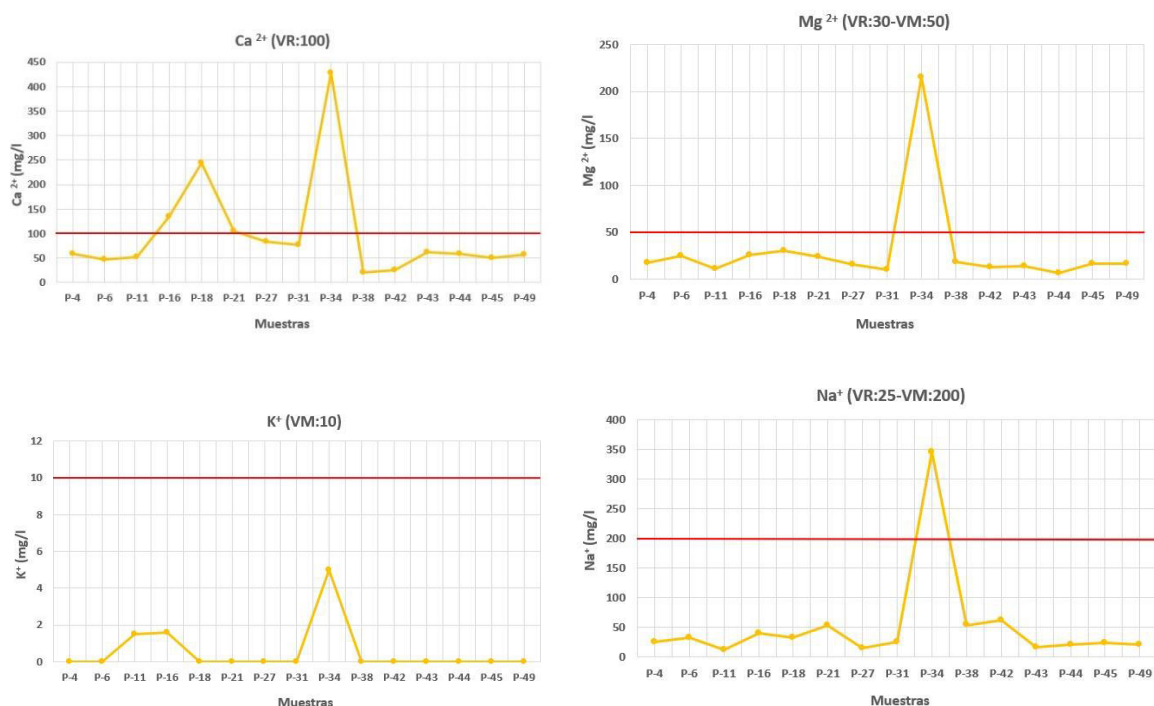


Gráfico 28. Resultados de las concentraciones obtenidas para los cationes analizados en el análisis físico-químico del primer muestreo.

Con respecto a los aniones analizados en el primer muestreo (Gráfico 29) y en específico el Cl^- , de nuevo las muestras P-18, P-21 y P-34 de la Zona 1, sobrepasaron el valor máximo definido en 250 mg/l, especialmente la muestra de agua del pozo P-34, cuyo valor detectado de cloruros es cercano a los 3 000 mg/l. El contenido de SO_4^{2-} sólo se excede en las muestras P-16 y P-34 de la Zona 1. El contenido de HCO_3^- en las muestras analizadas varía entre 200 mg/l y 400 mg/l, pero en este caso no se definen valores de concentraciones recomendadas o máximas, mientras que en el caso de los nitratos ninguna de las muestras superó el valor

máximo de 250 mg/l, pero si se observa que las muestras de los pozos P-11 (Zona 2), P-27 (Zona 1) y P-42 (Zona 3) contienen concentraciones especialmente elevadas de este ión, en comparación con las obtenidas para el resto de las muestras. Por último, con respecto al contenido de F^- , no se detectó este ión en la mayoría de las muestras analizadas, sólo se detectó en las muestras P-11 (Zona 1), P-16 (Zona 1) y P-38 (Zona 3), sin embargo, son valores menores al valor máximo establecido para este parámetro.



Gráfico 29. Resultados de las concentraciones obtenidas para los aniones analizados en el análisis físico-químico del primer muestreo.

Tanto en el análisis de cationes como de aniones es clara la especial anomalía en las concentraciones, principalmente de los iones calcio, magnesio, potasio, sodio, cloruro y sulfato que se detecta en las aguas del pozo artesanal P-34, localizado en una propiedad en la que funciona una salina, lo que explica el valor tan elevado de conductividad eléctrica medido en este pozo en este primer muestreo.

En el caso del análisis físico-químico realizado para el segundo muestreo, realizado en enero del 2016, los resultados de las concentraciones de los iones analizados se presentan en el Gráfico 30 y Gráfico 31.



Gráfico 30. Resultados de las concentraciones obtenidas de los cationes analizados en el análisis físico-químico del segundo muestreo.

Como se indica, durante el segundo muestreo, 11 de las 15 muestras analizadas (P-4 y P-6 de la Zona 2, P-16, P-18, P-21, P-27, P-31 y P-34 de la Zona 1 y P-43 y P-49 de la Zona 3) sobrepasan el valor recomendado de 100 mg/l para el parámetro del Ca^{2+} . Sólo la muestra P-34 sobrepasó también la concentración máxima de 50 mg/l del Mg^{2+} . No se detectó durante este segundo muestreo, presencia de potasio en ninguna de las muestras analizadas y tampoco

ninguna de las muestras excedió la concentración de sodio, pero nuevamente la muestra P-34 registra una concentración de sodio muy por encima de las medidas para el resto de las muestras. Para este segundo muestreo la diferencia de concentraciones de la muestra P-34 no es tan marcada respecto al resto de los pozos, pero es una de las muestras que presenta las concentraciones más elevadas, principalmente en el caso del magnesio y el sodio.

En cuanto a los aniones analizados en el segundo muestreo y en específico en el caso de Cl^- , se observa que, de nuevo, las muestras de agua de los pozos P-18 y P-34 son los que presentan las concentraciones más altas de este ión y las únicas que exceden el valor máximo establecido, no obstante, las concentraciones medidas son menores a las obtenidas en estos mismos pozos durante el primer muestreo. En el análisis del SO_4^{2-} sólo la muestra P-16 superó el valor máximo de 250 mg/l, mientras que en el caso de los nitratos ninguna de las muestras excedió el valor máximo definido para este parámetro, no obstante, los valores más altos detectados se presentan en las muestras de los pozos P-11 y P-42. Finalmente, no se detectó en ninguna de las muestras analizadas contenidos de F. Con respecto a las concentraciones detectadas de HCO_3^- , éstas se encuentran entre 161 mg/l y 508 mg/l, más elevadas que en el primer muestreo.



Gráfico 31. Resultados de las concentraciones obtenidas de los aniones analizados en el análisis físico-químico del segundo muestreo.

7.8.1.1 Balance iónico del Primer Muestreo (Junio-2016)

Al realizar los balances iónicos de los resultados anteriores, se obtuvieron los valores indicados en la Tabla 24.

Tabla 24. Balance iónico del primer muestreo físico-químico, realizado en junio del 2016, en los pozos seleccionados de la red de monitoreo de Colorado de Abangares y alrededores.

Muestra	CATIONES (meq/l)					ANIONES (meq/l)					Total	Diferencia	% ERROR
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Total	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻			
P-4	2.90	1.45	0.00	1.12	5.47	0.13	0.60	6.28	0.00	0.00	7.01	1.54	-12.3
P-6	2.34	2.02	0.00	1.43	5.78	0.21	0.97	5.90	0.00	0.00	7.08	1.30	-10.1
P-11	2.58	0.93	0.04	0.52	4.07	0.27	0.32	4.72	0.61	0.02	5.92	1.85	-18.6
P-16	6.77	2.10	0.04	1.75	10.66	6.91	9.09	6.02	0.22	0.01	22.23	11.57	-35.2
P-18	12.21	2.46	0.00	1.43	16.10	26.93	0.72	3.60	0.05	0.00	31.30	15.20	-32.1
P-21	5.28	1.98	0.00	2.30	9.55	9.76	0.54	5.50	0.00	0.00	15.80	6.25	-24.7
P-27	4.15	1.29	0.00	0.64	6.08	0.26	1.76	5.66	1.14	0.00	8.81	2.73	-18.3
P-31	3.83	0.85	0.00	1.10	5.78	1.77	0.62	5.78	0.21	0.00	8.37	2.59	-18.3
P-34	21.36	17.73	0.13	15.00	54.21	83.08	7.95	6.36	0.03	0.00	97.42	43.20	-28.5
P-38	1.01	1.49	0.00	2.34	4.84	0.10	0.10	5.54	0.00	0.02	5.74	0.90	-8.5
P-42	1.25	1.05	0.00	2.67	4.96	1.69	0.43	3.74	0.89	0.00	6.75	1.79	-15.3
P-43	3.07	1.13	0.00	0.73	4.93	0.12	0.52	6.28	0.09	0.00	7.00	2.08	-17.4
P-44	2.90	0.53	0.00	0.93	4.36	0.33	0.24	5.54	0.15	0.00	6.27	1.91	-18.0
P-45	2.50	1.37	0.00	1.03	4.90	0.14	0.25	6.20	0.10	0.00	6.68	1.78	-15.3
P-49	2.82	1.37	0.00	0.91	5.09	0.08	0.49	5.58	0.07	0.00	6.22	1.13	-9.9

Tal y como se muestra, los porcentajes de error de todas las muestras tomadas durante el primer muestreo son superiores al 5% aceptable para la electroneutralidad del agua (Tabla 24), ya que la suma de todos los cationes es mucho menor a la de los aniones. Los errores varían entre 8, 5%, el más bajo en el caso del pozo P-38 y 35, 2%, el más elevado para el pozo P-16. Según la misma tabla, los errores más altos se presentan en los pozos en los que las concentraciones de Ca²⁺ y Cl⁻, principalmente, son muy elevadas. Estos errores pueden ser debido a la presencia de otros iones que no fueron analizados o cuantificados, producto de alguna reacción química en alguna etapa del muestreo, como pueden ser las precipitaciones, por reacciones químicas en las aguas a raíz de que, al momento del primer muestreo, los niveles de aguas subterráneas se encontraban muy bajos y con casi nula recarga, o incluso por influencia de las mareas al momento de tomar la muestra en el caso de los pozos más cercanos a la costa (Zona 1).

A pesar de que el obtener errores mayores a 5% implicaría la eliminación de todos los resultados obtenidos en el primer muestreo, se van a conservar y graficar en el Diagrama de Schoeller y Piper para realizar la comparación de los resultados de la clasificación de las aguas con los datos del segundo muestreo, para el cual, el balance iónico tuvo errores menores a 5% en todos los casos. (Tabla 25)

7.8.1.2 Diagrama de Schoeller del Primer Muestreo (Junio-2016)

En el Gráfico 32, se presenta el diagrama de Schoeller del primer muestreo en el que se indican, para cada una de las muestras, las concentraciones obtenidas en meq/l de los principales iones analizados de la tabla 25. Como se observa, en especial los valores de la mayoría de los iones analizados son mayores en la muestra P-34, localizada en una salina de la Zona 1 y el ión cloruro es el que presentan mayor variación, en relación con los otros iones analizados, específicamente las muestras de agua de los pozos P-16, P-18, P-21, P-31 y P-34 todas de la Zona 1 y P-42 de la Zona 3 son en las que se obtienen los valores más elevados de este anión. También son elevadas las concentraciones de Sulfato en las muestras de los pozos artesanales P-16 y P-34 (ubicado en la salina).

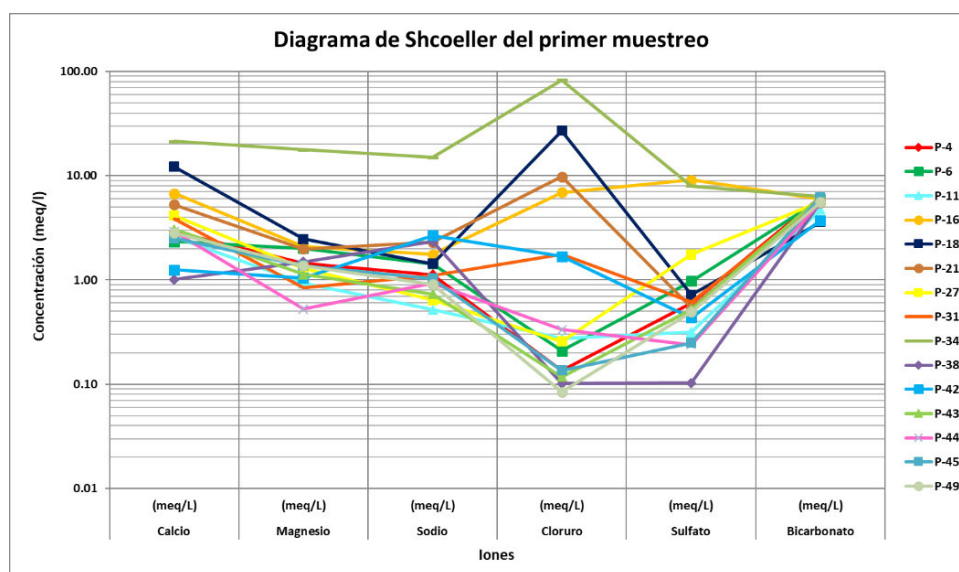


Gráfico 32. Diagrama de Schoeller del primer muestreo en el que se grafican las concentraciones (en meq/l), obtenidas de los principales iones analizados en cada una de las muestras.

7.8.1.3 Balance iónico del segundo muestreo (Enero-2017)

En el caso del balance iónico de los resultados del segundo muestreo realizado (Tabla 25) los porcentajes de error disminuyeron en gran medida ya que a diferencia del primer muestreo, las concentraciones de calcio obtenidas durante este segundo muestreo son mayores e inclusive la mayoría sobrepasa el valor recomendado por lo que, los totales tanto de cationes

como de aniones son similares y en esta ocasión, sólo el error de la muestra P-16 es nuevamente mayor al 5%, en el resto de los casos los errores varían entre 0.03% y 4.82%.

Tabla 25. Balance iónico del segundo muestreo físico -químico, realizado en enero del 2017, en los pozos seleccionados de la red de monitoreo de Colorado de Abangares y alrededores.

Muestra	CATIONES (meq/l)					ANIONES (meq/l)					Total	Diferencia	% ERROR
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Total	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻			
P-4	6.83	1.58	0.00	1.20	9.61	0.18	0.77	8.33	0.08	0.00	9.36	0.26	1.35
P-6	5.11	2.26	0.00	1.29	8.66	0.16	0.55	7.80	0.00	0.00	8.51	0.15	0.85
P-11	2.17	0.69	0.00	0.12	2.98	0.07	0.10	2.74	0.19	0.00	3.10	-0.12	-1.89
P-16	13.66	1.93	0.00	1.47	17.05	1.28	10.89	7.08	0.00	0.00	19.25	-2.20	-6.06
P-18	10.83	1.83	0.00	0.99	13.64	7.88	0.42	6.08	0.03	0.00	14.40	-0.76	-2.71
P-21	6.72	0.54	0.00	1.73	8.99	1.06	0.44	7.50	0.00	0.00	9.00	-0.01	-0.03
P-27	6.95	1.66	0.00	0.38	9.00	0.20	1.39	7.56	0.00	0.00	9.15	-0.16	-0.87
P-31	6.41	1.31	0.00	0.82	8.54	1.75	0.46	6.32	0.15	0.00	8.68	-0.14	-0.82
P-34	14.11	7.46	0.00	4.68	26.25	19.50	2.52	6.88	0.00	0.00	28.90	-2.66	-4.82
P-37	2.94	2.98	0.00	1.03	6.94	0.17	0.27	6.60	0.15	0.00	7.18	-0.23	-1.65
P-42	0.35	0.02	0.00	2.81	3.17	0.60	0.00	2.64	0.25	0.00	3.48	-0.31	-4.63
P-43	5.90	2.44	0.00	0.82	9.15	0.13	0.54	8.05	0.05	0.00	8.78	0.38	2.11
P-44	5.05	0.95	0.00	0.69	6.69	0.18	0.18	6.66	0.09	0.00	7.10	-0.41	-2.98
P-45	4.23	2.34	0.00	0.73	7.29	0.07	0.18	7.28	0.09	0.00	7.61	-0.32	-2.13
P-49	6.15	1.81	0.00	0.73	8.69	0.09	0.39	8.01	0.07	0.00	8.56	0.13	0.75

7.8.1.4 Diagrama de Schoeller del segundo muestreo (Enero-2017)

Para el segundo muestreo en el Diagrama de Schoeller se observa que, la muestra P-42, localizada en la Zona 3 compuesta por rocas ígneas, representa una anomalía debido a las bajas concentraciones en calcio y magnesio y nuevamente los valores, en la mayoría de los iones de la muestra P-34, son los más elevados. De nuevo, los valores de cloruro son los que presentan mayor variación y son los más elevados en las muestras P-16, P-18, P-21, P-31, P-34 (de la Zona 1) y P-42 (de la Zona 3). Igualmente, las concentraciones del sulfato son las más altas en P-16 y P-34 en comparación a las obtenidas para el resto de las muestras analizadas (Gráfico 33).

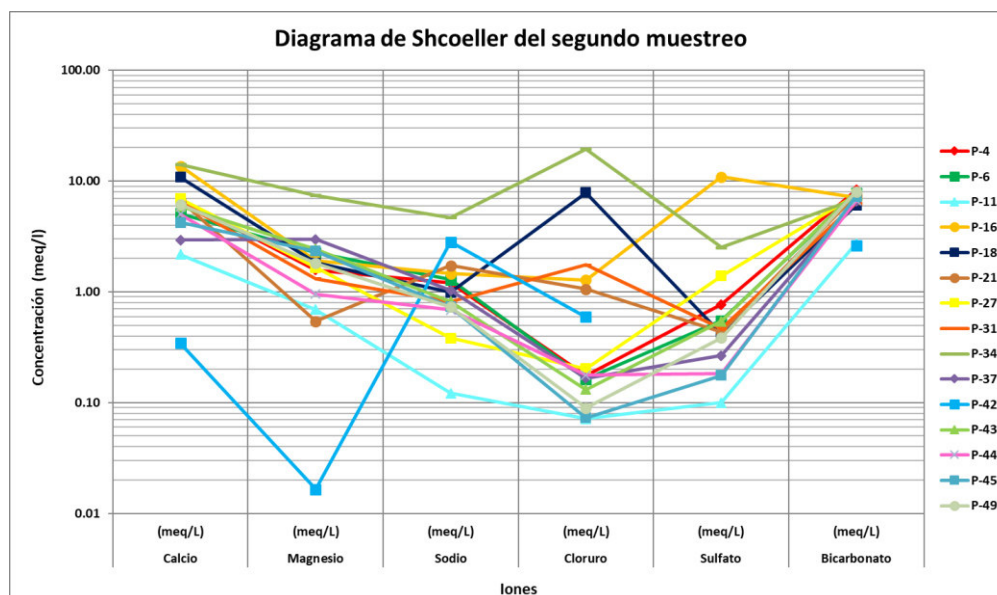


Gráfico 33. Diagrama de Schoeller del segundo muestreo en el que se grafican las concentraciones (en meq/l), obtenidas de los principales iones analizados en cada una de las muestras.

7.8.1.5 Diagrama de Piper del primer muestreo (Junio-2016)

Al plotear los resultados de las 15 muestras del primer muestreo en el Diagrama de Piper, para la clasificación del tipo de agua se obtiene la Figura 23. , en la que se observa que las muestras se agrupan en tres facies hidrogeoquímicas: la Facie 1 está formada por 4 muestras (P-16, P-18, P-21 y P-34) de las cuales 3 se clasifican como cloruradas cálcicas y 1 como sulfatada cálcica, todas ubicadas dentro de la Zona 1 (Tabla 26 y Figura 24), con valores por encima de los recomendados en los parámetros de Calcio y Cloruro (Gráfico 28 y Gráfico 29) y por lo tanto conductividades mayores a 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La Facie 2 la constituyen 9 muestras (P-4, P-6, P-11, P-27, P-31, P-43, P-44, P-45 y P-49) distribuidas en las 3 zonas (Figura 24), todas clasificadas como de tipo bicarbonatadas cálcicas, las concentraciones de iones en estas muestras se encuentran entre los rangos admisibles en el Reglamento de Calidad del Agua Potable y las conductividades eléctricas varían en un rango entre 523 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 952 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por último, la Facie 3 la conforman sólo 2 muestras (P-38 y P-42), que se localizan en la Zona 3, geológicamente conformada por basaltos, ambas se clasifican como Bicarbonatadas Sódicas, (Tabla 26 y Figura 24), cuyas concentraciones de iones también

cumplen con los máximos establecidos y cuyos valores de conductividad varían entre 426 $\mu\text{S/cm}$ y 695 $\mu\text{S/cm}$.

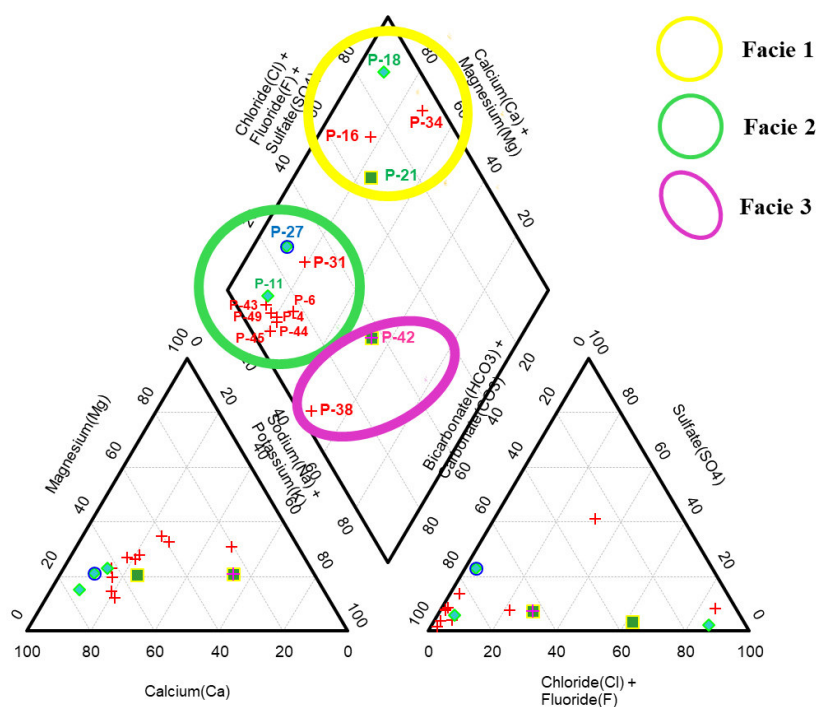


Figura 23. Diagrama de Piper del primer muestreo físico-químico, realizado en Junio del 2016, en Colorado de Abangares y alrededores.

Tabla 26. Clasificación química de las aguas de los pozos muestreados durante el primer muestreo físico-químico, realizado en Junio del 2016.

PRIMER MUESTREO-JUNIO, 2016		
Pozo	Clasificación de agua según Piper	Zona
P-4	Bicarbonatada cálcica	2
P-6	Bicarbonatada cálcica	2
P-11	Bicarbonatada cálcica	2
P-16	Sulfatada cálcica	1
P-18	Clorurada cálcica	1
P-21	Clorurada cálcica	1
P-27	Bicarbonatada cálcica	2
P-31	Bicarbonatada cálcica	1
P-34	Clorurada cálcica	1
P-38	Bicarbonatada sódica	3
P-42	Bicarbonatada sódica	3
P-43	Bicarbonatada cálcica	3
P-44	Bicarbonatada cálcica	1
P-45	Bicarbonatada cálcica	3
P-49	Bicarbonatada cálcica	3

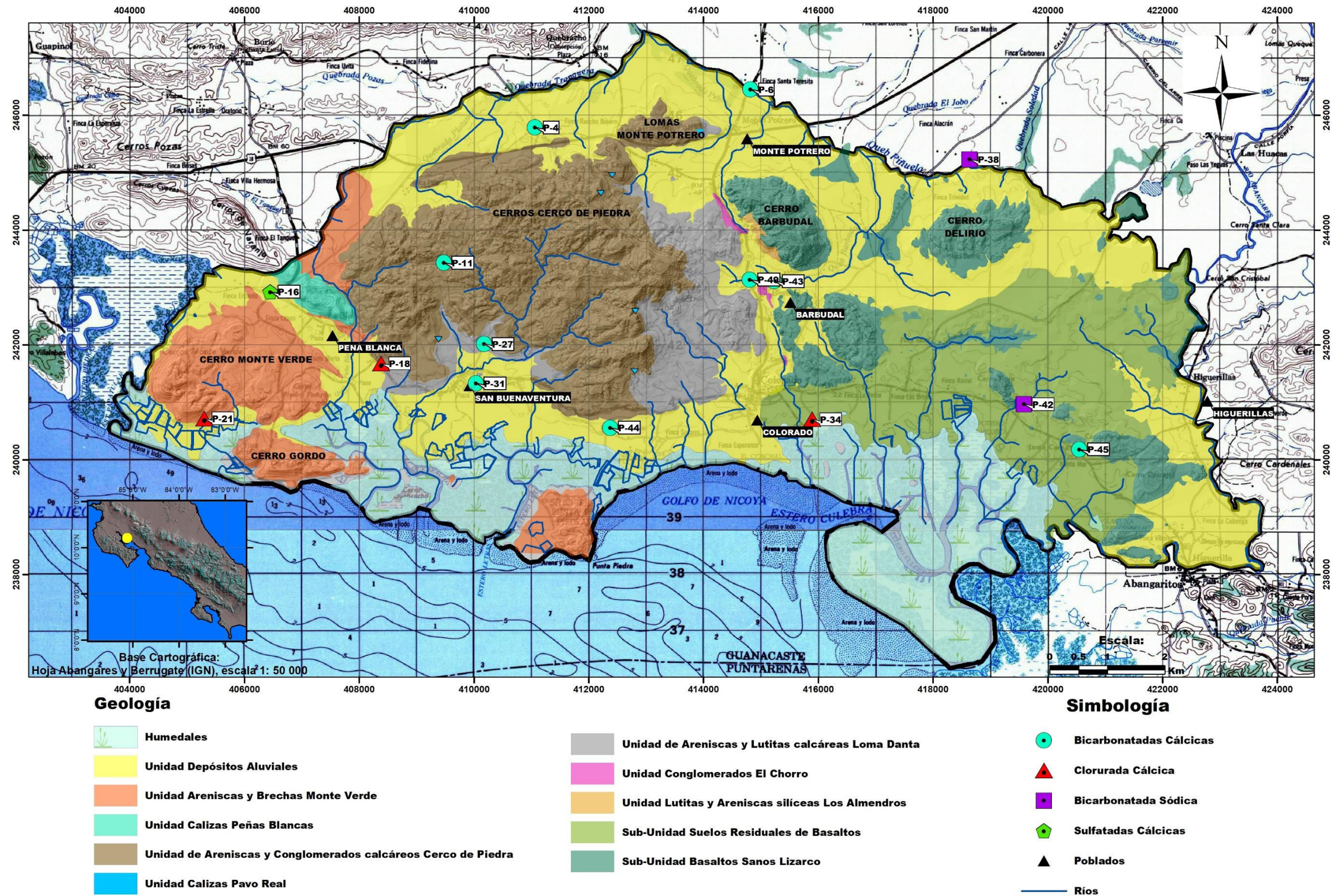


Figura 24. Clasificación química de las aguas de los pozos durante el primer muestreo (Junio, 2016) en la zona de Colorado de Abangares y alrededores

Mas detalladamente se muestra en el mapa de la Figura 24 y en la Tabla 26 que la mayoría de las muestras se clasifican como aguas de tipo bicarbonatadas cálcicas, lo que indica, una recarga directa de las aguas subterráneas por aguas de lluvia. Sin embargo, es importante mencionar que 4 de las muestras clasificadas, por su composición, como bicarbonatadas cálcicas (P-4, P-6, P-11, P-27), están ubicadas en la Zona 2, geológicamente conformada por sedimentos con composición carbonatada, las muestras de agua de los pozos P-31 y P-44, a pesar de estar ubicadas en la Zona 1, también se clasificaron como de tipo bicarbonatadas cálcicas, esto también debido a su ubicación al pie de los mismos Cerros Cerco de Piedra y por último, otras 3 de las muestras de agua, las de los pozos P-43, P-45 y P-49, ubicados en la Zona 3 de origen predominantemente ígneo se clasifican, también, durante este primer muestreo como bicarbonatadas cálcicas. En el caso de la P-43 y P-49, como se observa en la Figura 24, se localizan junto a una quebrada que tiene su origen en los cerros Cerco de Piedra, la que posiblemente origina la mayor parte de la recarga en estos dos pozos. La clasificación de tipo bicarbonatada cálcica en el caso del P-45, localizada al Este de la Zona 1, se relaciona también a la presencia en los materiales basálticos, de fracturas rellenas de carbonatos, tal y como se describe en el apartado 7.2 de la Geología Local para la Unidad Basaltos Lizarco.

En la Figura 24, se observa que los tres casos de los pozos P-18, P-21 y P-34, con composición química clasificada como cloruradas cálcicas se localizan a menos de 400 m de la zona del estero, al pie de los Cerros Cerco de Piedra, sumado esto a que los pozos excavados P-21 y P-34 se localizan en sectores en los que se desarrollan las actividades de cultivo de camarones y extracción de sal, actividades que implican la formación de pilas inundadas con aguas de mar que pueden originar una recarga adicional al acuífero con aguas de origen marino, lo que explica las elevadas concentraciones de Cl y Ca (> 100 mg/l) indicadas en la Tabla 24 para esos tres pozos.

Las dos muestras de agua clasificadas por su composición, como bicarbonatadas sódicas, localizadas en la Zona 3 (Figura 24), deben su origen a la disolución de minerales como los feldespatos, silicatos y zeolitas existentes en la composición química de las rocas basálticas, en los rellenos de sus fracturas y en sus productos de meteorización tal y como se describe en la Unidad de Basaltos Lizarco.

La muestra de agua del pozo P-16, única clasificada como sulfatada cálcica, se relaciona por una parte a la influencia de las calizas de la Unidad de Calizas Peñas Blancas que afloran en los Cerros de Naranjo y Peña Blanca, ubicados al norte de la ubicación de este pozo y también posiblemente, a la existencia de una contaminación muy localizada debido a actividades agrícolas que se llevan a cabo en la finca donde se ubica el pozo (Figura 24 y Tabla 26).

7.8.1.6 Diagrama de Piper del segundo muestreo (Enero-2017)

A partir de los resultados del segundo muestreo físico-químico, realizado en Enero del año 2017, se obtiene el Diagrama de Piper de la Figura 25., en el cual se obtiene la siguiente clasificación de las muestras de agua.

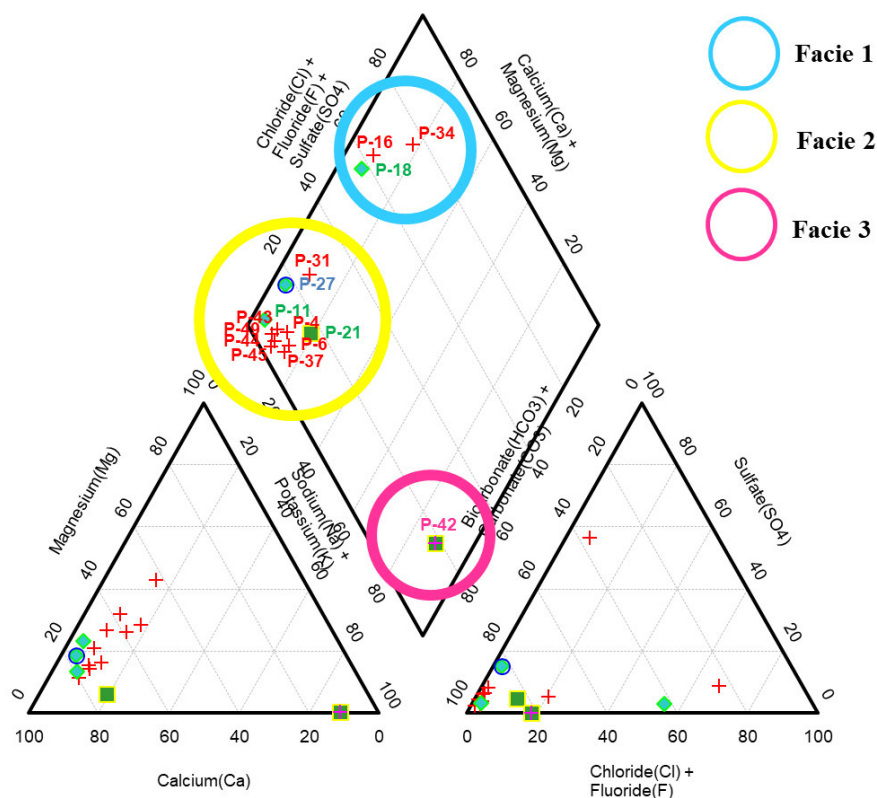


Figura 25. Diagrama de Piper de las muestras del segundo muestreo físico-químico, realizado en Enero del 2017, en Colorado de Abangares.

Como se muestra, de nuevo se presentan 3 Facies: en esta ocasión, la Facie 1, está compuesta por 3 muestras (P-16, P-18 y P-34) de la Zona 1, 2 clasificadas como cloruradas cálcicas y 1 como sulfatada cálcica (Tabla 27), mismas muestras que conformaban la Facie 1 obtenida en el primer muestreo, con excepción de la muestra del pozo P-21. De acuerdo con el Gráfico 30 y Gráfico 31, de concentraciones de cationes y aniones, presentados anteriormente, las concentraciones de calcio, cloruro y sulfato, principalmente, se encuentran muy elevados, en la mayoría de los casos, sobrepasando los valores máximos admisibles para estos parámetros, igualmente los valores de conductividad eléctrica para estas muestras se encuentran entre 1145 $\mu\text{S/cm}$ y 2040 $\mu\text{S/cm}$. La Facie 2 es la definida por 10 muestras clasificadas como bicarbonatadas cálcicas y 1 como bicarbonatada magnésica, localizadas en las 3 zonas (Tabla 27) y en las cuales la concentración de calcio en la mayoría de ellas excede el valor máximo determinado. En este caso, las conductividades eléctricas de las muestras de esta facie son ligeramente más bajas a las de la facie 2 del primer muestreo, pues los valores se encuentran entre 297 $\mu\text{S/cm}$ y 757 $\mu\text{S/cm}$. Finalmente, la Facie 3 de este segundo muestreo sólo la compone la muestra del pozo P-42 de la Zona 3, que se clasifica como bicarbonatada sódica (Tabla 27) y que, según el Gráfico 30 y Gráfico 31 de concentraciones de iones, cumple con los valores recomendados y máximos definidos y presenta un valor de conductividad eléctrica menor al valor recomendado de 400 $\mu\text{S/cm}$.

Tabla 27. Clasificación química de las aguas de los pozos muestreados durante el segundo muestreo físico-químico, realizado en enero del 2017.

SEGUNDO MUESTREO-ENERO, 2017		
Pozo	Clasificación de agua según Piper	Zona
P-4	Bicarbonatada cálcica	2
P-6	Bicarbonatada cálcica	2
P-11	Bicarbonatada cálcica	2
P-16	Sulfatada cálcica	1
P-18	Clorurada cálcica	1
P-21	Bicarbonatada cálcica	1
P-27	Bicarbonatada cálcica	2
P-31	Bicarbonatada cálcica	1
P-34	Clorurada cálcica	1
P-37	Bicarbonatada magnésica	3
P-42	Bicarbonatada sódica	3
P-43	Bicarbonatada cálcica	3
P-44	Bicarbonatada cálcica	1
P-45	Bicarbonatada cálcica	3
P-49	Bicarbonatada cálcica	3

Como se indica en el Gráfico 30 y Gráfico 31, las concentraciones de Ca^{2+} aumentaron significativamente en esta ocasión. A diferencia del diagrama obtenido para el primer muestreo, esta vez 10 muestras se clasifican como bicarbonatadas cálcicas, de las cuales 9 mantienen su clasificación del primer muestreo y sólo una, la P-21, cambia de clorurada cálcica en el primer muestreo a bicarbonatada cálcica en este segundo muestreo. Únicamente 2 muestras se clasifican como cloruradas cálcicas (P-34 y P-18), que mantienen esa clasificación del primer muestreo. La muestra P-16 mantiene su clasificación de sulfatada cálcica en ambos muestreos al igual que la muestra P-42 que se mantiene como bicarbonatada sódica asociada a su origen en rocas de composición ígnea. Además, en este muestreo, otra muestra de agua (P-37) localizada en la Zona 3, se clasifica como bicarbonatada magnésica también relacionada a su origen en terrenos de composición ígnea. La distribución de estos resultados se presenta en la Figura 26.

En ambos muestreos la predominancia de aguas de tipo bicarbonatadas cálcicas en la zona de estudio se asocia a la existencia de una recarga directa con aguas de lluvia a los acuíferos, en las cuales domina el ión bicarbonato, así como también una menor permanencia de esas aguas en el subsuelo, pero con la influencia de las rocas carbonatadas que le proporcionan el calcio en el caso de la zonas 1 y 2, el ion cloruro en el caso de las muestras más cercanas a la costa por la influencia de las aguas de mar y los iones magnesio y sodio en el caso de la Zona 3 por el contacto de las aguas con las rocas basálticas.

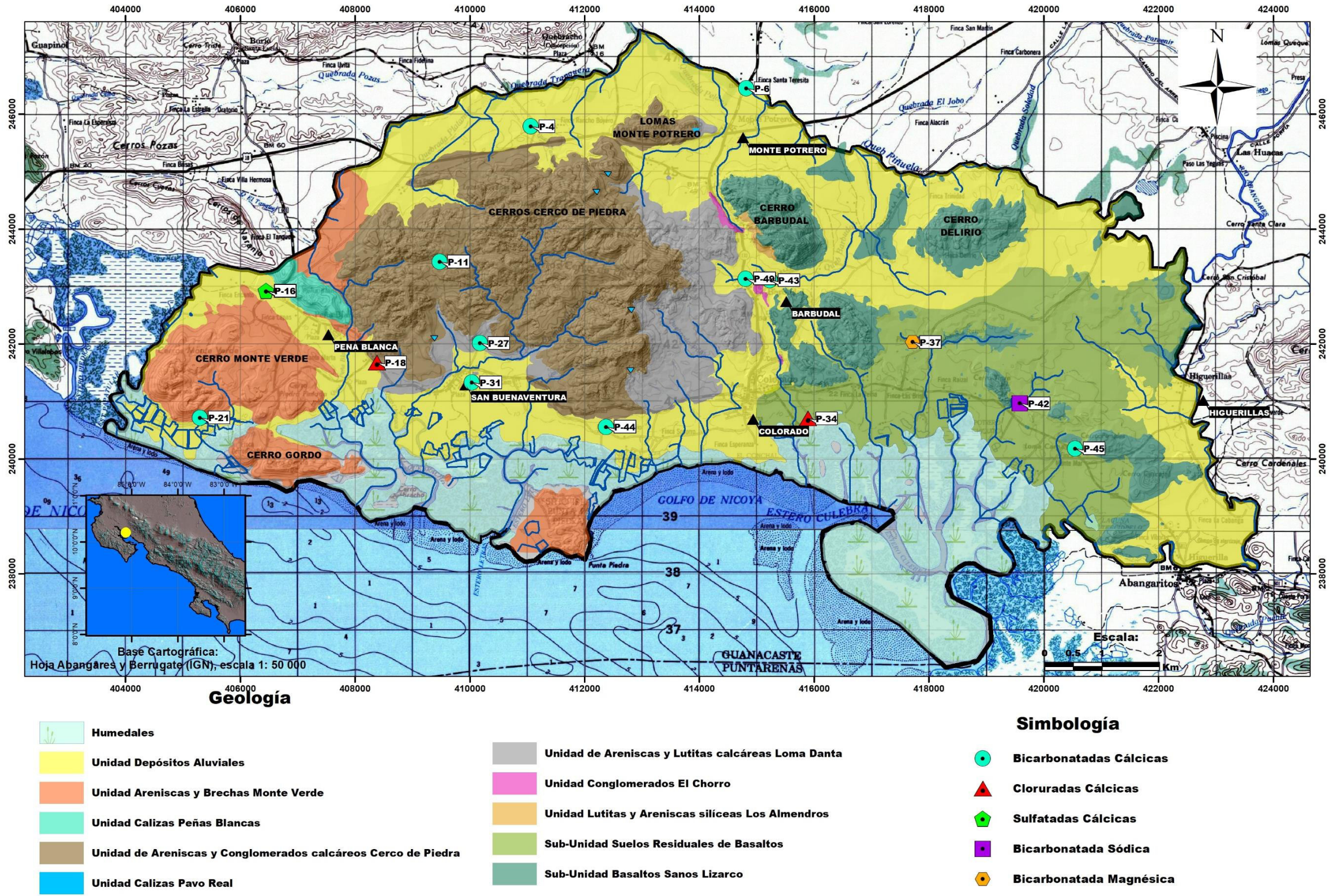


Figura 26. Clasificación química de las aguas de los pozos durante el segundo muestreo (Enero, 2017) en la zona de Colorado de Abangares y alrededores

7.8.2 Índices hidrogeoquímicos

Se realizó el cálculo de los índices hidrogeoquímicos rMg^{2+}/rCa^{2+} y $rCl^-/rHCO_3^-$ para ambos muestreos realizados, estos resultados se detallarán a continuación.

7.8.2.1 Índices hidrogeoquímicos del primer muestreo

En la Tabla 28 se muestra el índice hidrogeoquímico rMg^{2+}/rCa^{2+} , obtenido para cada muestra de agua durante el primer muestreo y la correlación con el origen de dicha agua subterránea. Las concentraciones se plotean en el Gráfico 34.

Tabla 28. Índice hidrogeoquímico rMg^{2+}/rCa^{2+} de los pozos muestreados durante el primer muestreo y la correlación con el origen del agua subterránea.

Muestra	Mg^{2+} (meq/l)	Ca^{2+} (meq/l)	rMg^{2+}/rCa^{2+}	Correlación (Tomado y modificado de Escuder et al., 2009)
P-4	1.45	2.9	0.500	Aguas continentales
P-6	2.02	2.335	0.864	Aguas continentales
P-11	0.93	2.58	0.360	Aguas continentales
P-16	2.10	6.77	0.310	Aguas continentales
P-18	2.46	12.21	0.202	Por debajo del rango para aguas continentales
P-21	1.98	5.28	0.374	Aguas continentales
P-27	1.29	4.15	0.311	Aguas continentales
P-31	0.85	3.83	0.221	Por debajo del rango para aguas continentales
P-34	17.73	21.36	0.830	Aguas continentales
P-38	1.49	1.01	1.475	Terreno rico en silicatos magnésicos como los basaltos
P-42	1.05	1.25	0.836	Aguas continentales
P-43	1.13	3.065	0.368	Aguas continentales
P-44	0.53	2.9	0.182	Por debajo del rango para aguas continentales
P-45	1.37	2.5	0.547	Aguas continentales
P-49	1.37	2.82	0.484	Aguas continentales

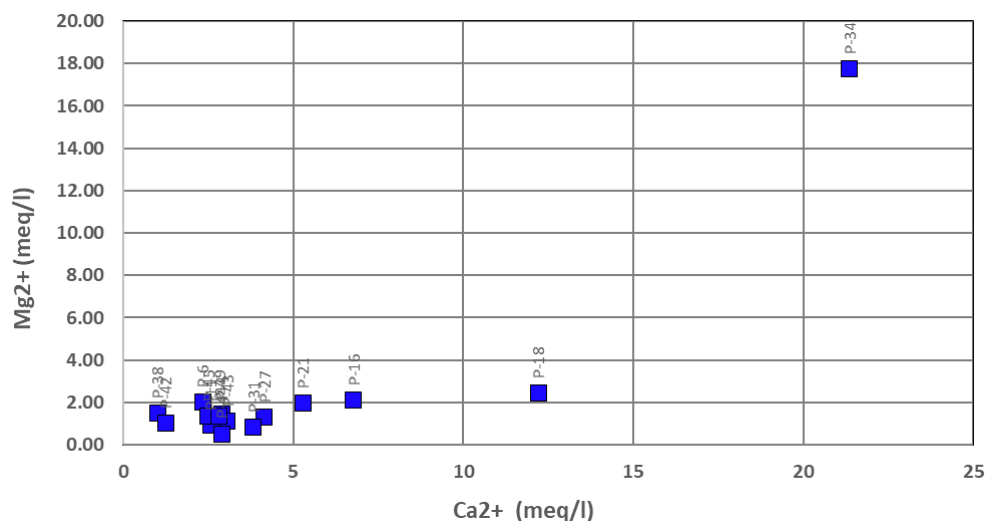


Gráfico 34. Resultados de Mg^{2+} vs Ca^{2+} del primer muestreo

Como se muestra, de acuerdo con el resultado del índice rMg^{2+}/rCa^{2+} y a la Tabla 6, en la mayoría de las muestras analizadas el origen de las aguas subterráneas se asocia con aguas continentales, sin embargo las muestras de agua de los pozos P-18, P-31 y P-44, todas de la Zona 1, se encuentran por debajo del rango de esta clasificación, debido a que el contenido de calcio en estos tres casos (12,21, 3,83 y 2,9 meq/l, respectivamente) superan los valores del magnesio (2,46, 0,85 y 0,53 meq/l respectivamente), no obstante, los valores son más cercanos al rango de clasificación de aguas con un origen continental que al de origen marino. La muestra de agua P-38 se correlaciona efectivamente, a una muestra que tiene un origen en terrenos ricos en silicatos magnésicos como los basaltos, litología que compone los terrenos de la Zona 3, donde se ubica dicha muestra.

Analizando el índice $rCl^-/rHCO_3^-$ (Tabla 29 y Gráfico 35) también para el primer muestreo, se obtiene que la correlación de las aguas con un origen continental, según los rangos de la Tabla 6, sólo es clara para las muestras P-16, P-21, P-31 (de la Zona 1) y P-42 (de la Zona 3), pues en el resto de los casos el índice obtenido está por debajo del rango de la clasificación de agua con origen continental, sin embargo, al igual que en el caso rMg^{2+}/rCa^{2+} y según la Tabla 6, estos índices siguen siendo más cercanos a una clasificación de aguas con un origen de tipo continental que de origen marino. A pesar de que las muestras de los pozos P-18 y P-34 de la Zona 1, presentan los índices más altos, debido a los valores también altos de cloruros

(Gráfico 35), están por debajo del rango definido para aguas con un origen marino (cuyos índices varían entre 20 -50). En especial la muestra P-34, de un pozo ubicado en una salina se acerca más al rango de clasificación de un agua con un origen marino, lo que se relaciona a la existencia de contaminación salina de las aguas de este pozo.

Tabla 29. Índice hidrogeoquímico $rCl^-/rHCO_3^-$ de los pozos muestreados durante el primer muestreo y la correlación con el origen del agua subterránea.

Muestra	Cl^- (meq/l)	HCO_3^- (meq/l)	$rCl^-/rHCO_3^-$	Correlación (Tomado y modificado de Escuder et al., 2009)
P-4	0.13	6.28	0.02	Por debajo del rango para aguas continentales
P-6	0.21	5.90	0.04	Por debajo del rango para aguas continentales
P-11	0.27	4.72	0.06	Por debajo del rango para aguas continentales
P-16	6.91	6.02	1.15	Aguas continentales
P-18	26.93	3.60	7.48	Por encima del rango de aguas continentales
P-21	9.76	5.50	1.78	Aguas continentales
P-27	0.26	5.66	0.05	Por debajo del rango para aguas continentales
P-31	1.77	5.78	0.31	Aguas continentales
P-34	83.08	6.36	13.07	Por encima del rango de aguas continentales
P-38	0.10	5.54	0.02	Por debajo del rango para aguas continentales
P-42	1.69	3.74	0.45	Aguas continentales
P-43	0.12	6.28	0.02	Por debajo del rango para aguas continentales
P-44	0.33	5.54	0.06	Por debajo del rango para aguas continentales
P-45	0.14	6.20	0.02	Por debajo del rango para aguas continentales
P-49	0.08	5.58	0.02	Por debajo del rango para aguas continentales

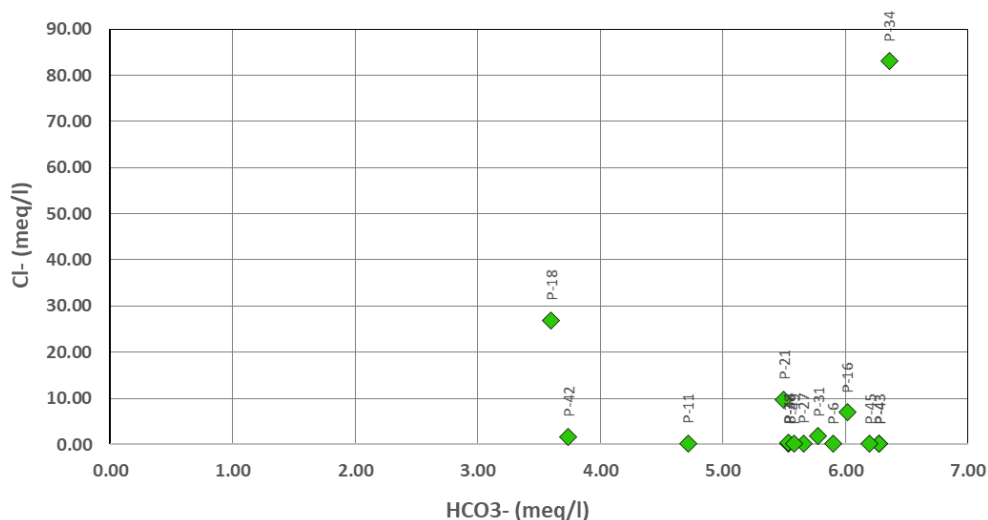


Gráfico 35. Resultados de Cl^- vs HCO_3^- del primer muestreo

7.8.2.2 Índices hidrogeoquímicos del segundo muestreo

En el caso del segundo muestreo, los resultados del índice hidrogeoquímico rMg^{2+}/rCa^{2+} de las muestras analizadas se presentan en la Tabla 30 y Gráfico 36, en la cual se observa que, a diferencia del primer muestreo, en esta ocasión, sólo en los pozos P-6, P-11, P-34, P-43 y P-45, de las Zonas 2, 3 y 1, se clasifican dentro del rango de aguas con un origen continental, el resto tienen índices que se encuentran por debajo de este rango, debido a que los valores de calcio son mucho más altos durante este segundo muestreo que los contenidos de magnesio. La única muestra con índice mayor a 1, se obtiene en la muestra P-37, de la Zona 3, por lo que coincide con una muestra de agua con origen en terrenos ricos en silicatos magnésicos como los basaltos.

Tabla 30. Índice hidrogeoquímico rMg^{2+}/rCa^{2+} de los pozos muestreados durante el segundo muestreo y la correlación con el origen del agua subterránea.

Muestra	Mg^{2+} (meq/l)	Ca^{2+} (meq/l)	rMg^{2+}/rCa^{2+}	Correlación (Tomado y modificado de Escuder et al., 2009)
P-4	1.58	6.83	0.23	Por debajo del rango de aguas continentales
P-6	2.26	5.11	0.44	Aguas continentales
P-11	0.69	2.17	0.32	Aguas continentales
P-16	1.93	13.66	0.14	Por debajo del rango de aguas continentales
P-18	1.83	10.83	0.17	Por debajo del rango de aguas continentales
P-21	0.54	6.72	0.08	Por debajo del rango de aguas continentales
P-27	1.66	6.95	0.24	Por debajo del rango de aguas continentales
P-31	1.31	6.41	0.21	Por debajo del rango de aguas continentales
P-34	7.46	14.11	0.53	Aguas continentales
P-37	2.98	2.94	1.02	Terreno rico en silicatos magnésicos como los basaltos
P-42	0.02	0.35	0.05	Por debajo del rango de aguas continentales
P-43	2.44	5.90	0.41	Aguas continentales
P-44	0.95	5.05	0.19	Por debajo del rango de aguas continentales
P-45	2.34	4.23	0.55	Aguas continentales
P-49	1.81	6.15	0.29	Por debajo del rango de aguas continentales

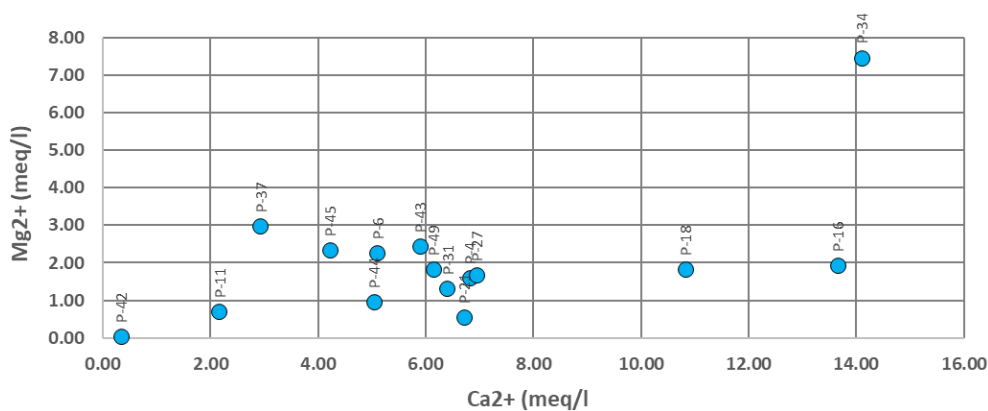


Gráfico 36. Resultados de Mg^{2+} vs Ca^{2+} del segundo muestreo

Los resultados del índice $rCl^- / rHCO_3^-$ del segundo muestreo (Tabla 31 y Gráfico 37) indican una disminución de los valores de cloruros y aumento de bicarbonatos, a diferencia de los resultados del primer muestreo, por lo que no se obtienen valores altos que se puedan aproximar o asociar a muestras de aguas con un origen marino y la mayoría se encuentran por debajo del rango de aguas continentales, solo las muestras de los pozos P-16, P-18, P-21, P-31, P-34 (de la Zona 1) y P-42 de la Zona 3 se relacionan claramente a aguas con un origen continental.

Tabla 31. Índice hidrogeoquímico $rCl^- / rHCO_3^-$ de los pozos muestreados durante el segundo muestreo y la correlación con el origen del agua subterránea.

Muestra	Cl^- (meq/l)	HCO_3^- (meq/l)	$rCl^- / rHCO_3^-$	Correlación (Tomado y modificado de Escuder et al., 2009)
P-4	0.18	8.33	0.02	Por debajo del rango de aguas continentales
P-6	0.16	7.80	0.02	Por debajo del rango de aguas continentales
P-11	0.07	2.74	0.03	Por debajo del rango de aguas continentales
P-16	1.28	7.08	0.18	Aguas continentales
P-18	7.88	6.08	1.30	Aguas continentales
P-21	1.06	7.50	0.14	Aguas continentales
P-27	0.20	7.56	0.03	Por debajo del rango de aguas continentales
P-31	1.75	6.32	0.28	Aguas continentales
P-34	19.50	6.88	2.84	Aguas continentales
P-37	0.17	6.60	0.03	Por debajo del rango de aguas continentales
P-42	0.60	2.64	0.23	Aguas continentales
P-43	0.13	8.05	0.02	Por debajo del rango de aguas continentales
P-44	0.18	6.66	0.03	Por debajo del rango de aguas continentales
P-45	0.07	7.28	0.01	Por debajo del rango de aguas continentales
P-49	0.09	8.01	0.01	Por debajo del rango de aguas continentales

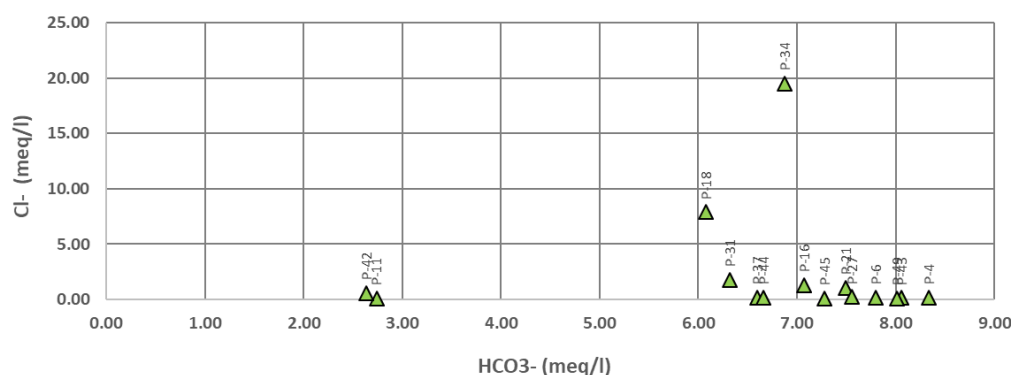


Gráfico 37. Resultados de Cl^- vs HCO_3^- del segundo muestreo

7.9 Intrusión Salina

Para el cálculo de la profundidad de la cuña de intrusión salina se aplicaron las metodologías de Ghyben-Herzberg y Glover, en los pozos: AG-57 localizado en el sector de Peña Blanca al oeste de Colorado, AG-59, ubicado en el centro de Colorado y el AG-38 al Este de Colorado, camino a Higuerillas, todos de la Zona 1 y seleccionados por la información con la que cuentan, con el fin de comparar ambas metodologías.

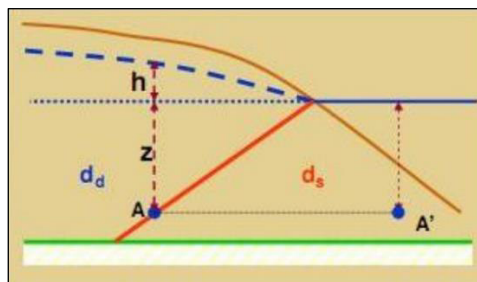
7.9.1 Método de Ghyben-Herzberg

Considerando la fórmula:

$$Z = \left(\frac{\gamma_{ad}}{\gamma_{as} - \gamma_{ad}} \right) h$$

Considerando:

$$\begin{aligned}\gamma_{ad} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \gamma_{as} &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\ Z &= 40 h\end{aligned}$$



Y la información sobre la elevación del pozo, profundidad del nivel estático (Anexo 2) y elevación del nivel estático para cada pozo se obtiene:

Pozo AG-57:

Elevación del pozo: 9, 7 m.s.n.m

Nivel estático: 4, 90 m bajo la superficie

Elevación del nivel estático (h): 4, 8 m.s.n.m.

Profundidad de la interfase bajo el pozo (Z): 192 m

Para este pozo, la profundidad a la que se encuentra la interfase agua dulce-agua salada es de 192 m siempre que el nivel del agua subterránea se mantenga a una profundidad de 4, 90 m.

Pozo AG-59:

Elevación del pozo: 23 m.s.n.m

Nivel estático: 5 m bajo la superficie

Elevación del nivel estático (h): 18 m.s.n.m.

Profundidad de la interfase bajo el pozo (Z): 720 m

Igualmente, en este caso la profundidad a la que se encuentra la interfase agua dulce-agua salada es de 720 m, mientras el nivel del agua subterránea se encuentre a 5 m de profundidad bajo la superficie.

Pozo AG-38:

Elevación del pozo: 7, 3 m.s.n.m

Nivel estático: 1, 02 m bajo la superficie

Elevación del nivel estático (h): 6, 28 m.s.n.m.

Profundidad de la interfase bajo el pozo (Z): 251, 2 m

Bajo el sitio de ubicación del pozo AG-38, se determina que la interfase agua dulce-agua salada se encuentra a una profundidad de 251. 2 m, con un nivel de agua subterránea a 1, 02 m bajo la superficie.

7.9.2 Método de Glover

A diferencia del método anterior, el método de Glover requiere de mayor información tanto del pozo como del sitio a evaluar. En este caso, se requiere información de la Transmisividad (T), conductividad hidráulica (K), la distancia desde el pozo evaluado a la línea de costa (x),

el caudal de descarga al mar (q) y el gradiente hidráulico (i). Debido a esto, esta metodología se aplicará sólo para los pozos AG-57 y AG-59 que son los que cuentan con esta información.

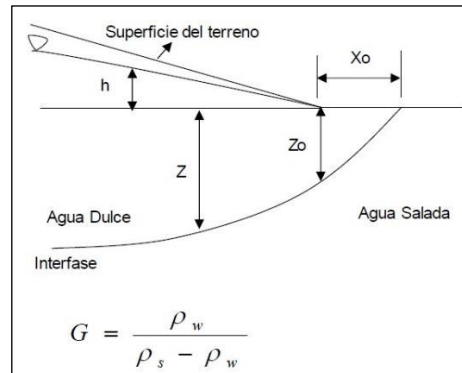
Considerando la fórmula:

$$X_0 = \frac{-Gq}{2K}$$

$$Z = \frac{Gq}{K} + \sqrt{\frac{2Gqx}{K}}$$

$$h = \sqrt{\frac{2qx}{GK}}$$

$$G = \frac{\gamma_{ad}}{\gamma_{as} - \gamma_{ad}}$$



Relación agua dulce-agua salada (G)= 40

Se obtiene:

Pozo AG-57:

A partir de la información del reporte de perforación (Anexo 1) se obtiene:

$$T = 62,42 \text{ m}^2/\text{d}$$

$$b = 18 \text{ m}$$

$$K = 3,47 \text{ m/d}$$

$$x = 850 \text{ m}$$

$$i = 0,002$$

$$q = T \cdot i \cdot (1 \text{ m}) = (62,42) \cdot 0,002 \cdot (1 \text{ m})$$

$$q = 0,12 \text{ m}^3/\text{d/m}$$

$$X_0 = (-40 \cdot 0,12 \text{ m}^3/\text{d}) / (2 \cdot 3,47 \text{ m/d})$$

$$X_0 = -0,7 \text{ m}$$

$$Z = (4,8 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}) / (3,47 \text{ m}/\text{d}) + \sqrt{\frac{\left(\frac{2 \cdot 4,8 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{\text{m}} * 850 \text{ m}\right)}{3,47 \text{ m}/\text{d}}}$$

$$Z = 50 \text{ m}$$

Es decir que, bajo las condiciones definidas de bombeo, a una distancia de 850 m de la línea de costa, donde se localiza el pozo AG-57, la profundidad a la que se encuentra la interfase agua dulce-agua salada es de 50 m.

Pozo AG-59:

A partir de la información del reporte de perforación (Anexo 1) se obtiene:

$$T = 55 \text{ m}^2/\text{d}$$

$$b = 18,54 \text{ m}$$

$$K = 2,96 \text{ m}/\text{d}$$

$$x = 1.290 \text{ m}$$

$$i = 0,009$$

$$q = T \cdot i \cdot (1 \text{ m}) = (55) \cdot 0,009 \cdot (1 \text{ m})$$

$$q = 0,5 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$$

$$X_o = (-40 * 0,5 \text{ m}^3/\text{d}) / (2 * 2,96 \text{ m}/\text{d})$$

$$X_o = -3,4 \text{ m}$$

$$Z = (20 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}) / (2,96 \text{ m}/\text{d}) + \sqrt{\frac{\left(\frac{2 \cdot 20 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{\text{m}} * 1290 \text{ m}\right)}{2,96 \text{ m}/\text{d}}}$$

$$Z = 139 \text{ m}$$

De acuerdo con lo anterior, se estima que bajo el pozo AG-59, localizado a una distancia de 1. 290 m de la línea de costa y en las condiciones definidas de bombeo, la profundidad a la que se encuentra la interfase agua dulce-agua salada es de 139 m.

Así, al comparar ambas metodologías, se observa que la de Ghyben-Herzberg realiza varias simplificaciones a las condiciones para la aplicación del método, por lo que se requieren menos cantidad de datos y las profundidades a las que se calcula, se encuentra la interfase bajo cada pozo analizado, son mayores a las calculadas mediante el método de Glover (Tabla 32). Este método también toma en cuenta algunas condiciones, pero considera más parámetros, que pueden influir en la determinación de esta profundidad, tanto del sitio, como del pozo en análisis, por lo que el cálculo es más exacto. El caso analizado del pozo AG-57 es en el que se obtiene las profundidades menores con ambos métodos, por lo que se muestra como ejemplo en la Figura 27.

Tabla 32. Comparación de las profundidades de ubicación de la interfase agua dulce-agua salada bajo los pozos analizados, por dos metodologías.

PROFUNDIDAD DE LOCALIZACIÓN DE LA INTERFASE		
Pozo	Ghyben-Herzberg	Glover
AG-57	192 m	50 m
AG-59	720 m	139
AG-38	251.2 m	-

Las profundidades determinadas de ubicación de la interfase del agua dulce-agua salada definen la posición de la cuña de agua salada que establece que, bajo las condiciones planteadas, sobre esa cuña no debería existir presencia de agua de mar. Sin embargo, como se ha demostrado en esta investigación, a partir de los análisis de calidad y mediante la prospección geofísica, en los tres sitios analizados, por las metodologías de Ghyben-Herzberg y Glover, sí se detecta intrusión salina sobre esas profundidades calculadas.

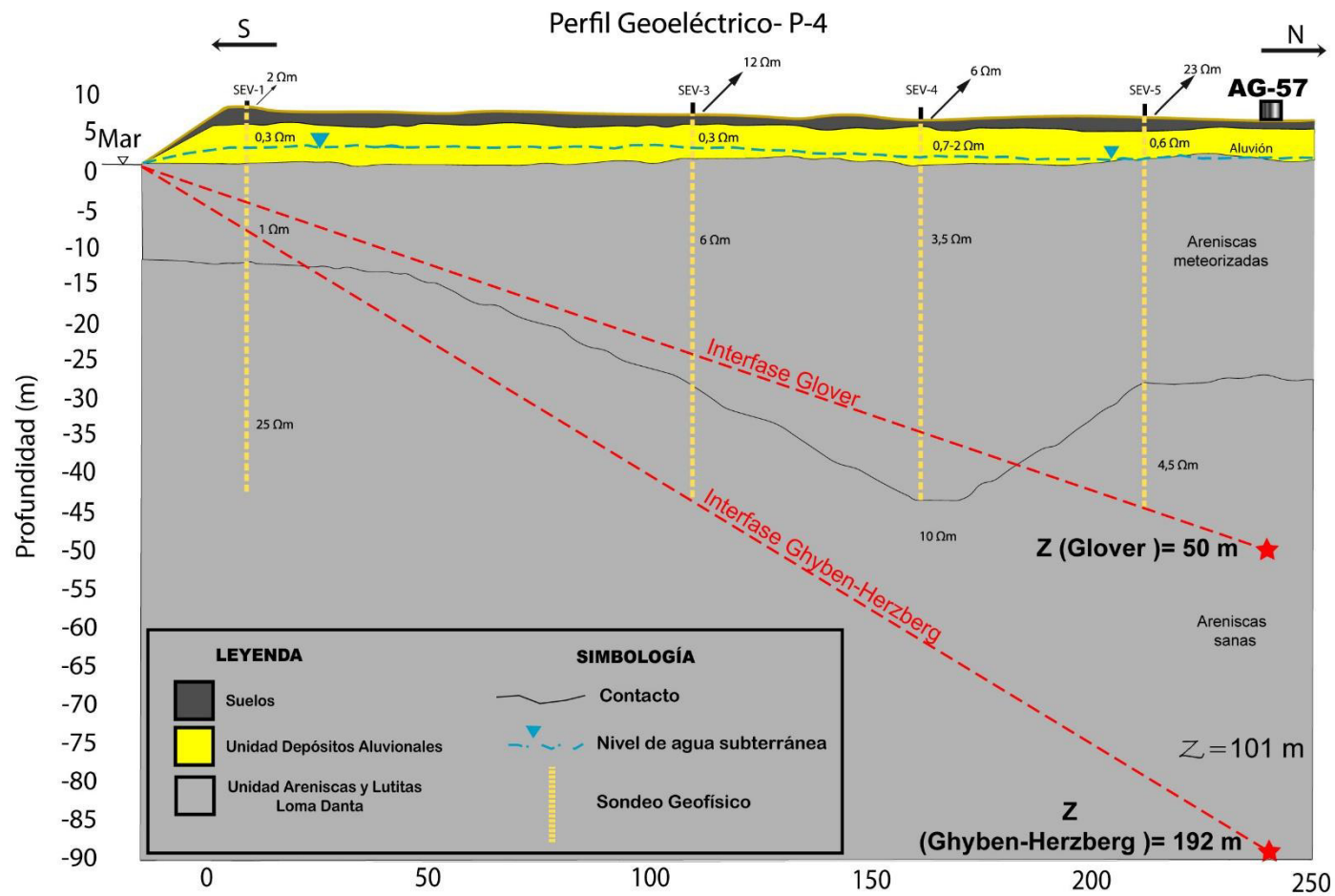


Figura 27. Ejemplo de perfil geofísico mostrando la variación en las profundidades determinadas mediante las metodologías de Ghyben-Herzberg y Glover para el caso analizado del pozo AG-57.

7.10 Modelo Hidrogeológico Conceptual de la zona de Colorado de Abangares y alrededores

A partir de la información obtenida de los reportes de perforación de pozos (del SENARA y del AyA), del monitoreo de parámetros físico-químicos, la investigación geofísica realizada y la clasificación química de las aguas efectuada en la zona, se definen los perfiles hidrogeológicos A-B y E-F de la Figura 28, así como el perfil I-J y el modelo conceptual de la Figura 29.

De acuerdo con el perfil A-B, en el sector oeste de la zona de estudio, donde afloran las intercalaciones de areniscas y brechas calcáreas de la Unidad Monteverde, hasta una profundidad de 50 m (según el perfil geoeléctrico P-2, Anexo 3), se desarrolla un acuífero libre, producto de la fracturación y estratificación que presentan estas rocas con inclinación en dirección predominante hacia el norte y noroeste, ocasionalmente noreste. Cubierto, en algunos sectores, por un espesor de suelos de hasta 1 m y por un depósito aluvional fino con un espesor máximo detectado de 8 m. Este acuífero está siendo captado, principalmente, por pozos tanto excavados como perforados, de la red de monitoreo (P-20, P-21, P-22 y P-23 y P-24), que no están registrados en las bases de datos del SENARA y por lo tanto no cuentan con información acerca de la profundidad de las rejillas ni de la litología captada. Sin embargo, en este sector se observa un nivel más superficial, que oscila entre 0,86 m.b.n.s y 6,5 m.b.n.s. y que es captado por los pozos de menor profundidad (menos de 10 m). Otro nivel más profundo es captado por los pozos perforados, localizados en ese sector y con profundidades entre 18 y 66 m, como por ejemplo el pozo P-23 en el que se detecta un nivel de agua a los 48,15 m.b.n.s.

Tal y como se muestra en el modelo del perfil hidrogeológico E-F, en la zona este del área de estudio, que está geológicamente conformada por rocas ígneas y sus productos de meteorización (Zona 3), se muestran también pozos tanto perforados como artesanales que obtienen aguas subterráneas de los basaltos fracturados que conforman un acuífero libre cubierto en este sector, esto se complementa con la información de los pozos del perfil G-H, sin embargo muy pocos pozos en esta área cuentan con información.

Los pozos artesanales en este sector tienen profundidades entre 8,8 y 12 m, con niveles estáticos que varían entre 3,25 y 7,20 m.b.n.s. En el caso de los pozos perforados, tienen profundidades máximas de 65 m (P-42) m y niveles que oscilan entre 3,70 (AG-103) y hasta 23, 25 m.b.n.s (P-37), con espesores de rejilla de hasta 24 m como en el caso del pozo AG-56. De acuerdo con la información del pozo AG-103 (Anexo 1), se obtienen caudales de 2,85 lt/s y transmisividades de 125 m²/d.

Se determina un valor de gradiente de 0,03 calculado entre las isofreáticas de 43 y 8,8 de los pozos AG-56 y AG-39 ubicados en esta zona para una dirección de flujo hacia el SW (Figura 30).

Como se observa en la Figura 30, muy pocos pozos se localizan sobre las areniscas y conglomerados de la Unidad Cerco de Piedra. El perfil I-J, se realiza, en la cima de estos cerros y hacia el NE, donde principalmente afloran los materiales de esta unidad. Aquí se ubican los pozos perforados P-11 (de la red de monitoreo) y AG-8 (Anexo 2), además, se toma en cuenta la información de los pozos AG-65 y AG-141, también perforados y ubicados al norte del área de este estudio, en la parte baja de estos cerros. Todos captan este acuífero libre formado producto de la fracturación de estas rocas. De acuerdo con la información de los reportes de perforación de estos pozos, tienen profundidades entre 26 m (como en el caso del pozo AG-141) y 107 m del pozo AG-8 y un nivel del agua que oscila entre 0,5 y 12,22 m.b.n.s. en los pozos AG-65 y P-11 respectivamente. Se reportan espesores de rejilla entre 11 m (AG-141) y 62 m (AG-8), con caudales entre 0,2 y 4 lt/s y una transmisividad de 462,76 m²/d.

A partir de la información de los pozos AG-65 y AG-141, ubicados más al norte, se determinan, para este acuífero, las isofreáticas de 59,5 y 67 respectivamente, que representa un gradiente hidráulico de 0,0068 y una dirección de flujo hacia el oeste. (Figura 30)

Como se muestra en el perfil G-H (apartado 7.2), en los sectores de la zona 1 que están conformados, geológicamente, por depósitos aluvionales, existen además, pozos excavados, con profundidades menores a 15 m, como por ejemplo AG-10, AG-11, AG-12, AG-31 y P-34 (monitoreado) que captan un nivel de agua subterránea, localizado entre las profundidades

de 3,40 y 10,8 m.b.n.s, correspondiente a un acuífero libre y somero, con un gradiente hidráulico de 0,0017 calculado entre las isofreáticas de 3,2 y 2,8 de los pozos AG-12 y AG-13 (Figura 29 y Figura 30).

El modelo conceptual esquemático desarrollado en el perfil C-D de la figura 29 muestra, especialmente, el acuífero libre desarrollado por la fracturación de las rocas de la Unidad de Areniscas y Lutitas Loma Danta de composición carbonatada. Esta unidad presentan un nivel de agua subterránea que oscila entre 0,3 y 9 m.b.n.s con rejillas que se localizan a profundidades entre 4,9 y 47 m, para espesores de hasta 18 m. Los caudales varían entre 2,5 lt/s (AG-5) y 10 lt/s (AG-152), con transmisividades entre 20 m²/d (AG-152) y 70,3 m²/d (AG-154), según la información de los reportes de perforación (Anexo 1).

En el sector SW de la zona de estudio se determina, mediante las isofreáticas de 11,7 m.s.n.m y 10 m.s.n.m, de los pozos P-27 y P-28 respectivamente, un gradiente hidráulico de 0,0085 para esta unidad, con una dirección de flujo hacia el S-SW. Además, entre las isofreáticas de 13 y 0,6 m.s.n.m, de los pozos AG-7 y AG-14, se calcula un gradiente de 0,03, con una dirección de flujo también hacia el S en el sector central de la zona de estudio. (Figura 30).

En este mismo modelo, pero al norte del área del estudio, en los terrenos de topografía más plana, los pozos perforados existentes AG-143 (P-49), 93-21 (P-6) y AG-93, con profundidades entre 21 y 35 m, describen depósitos aluvionales compuestos por arcillas, arenas y gravas finas que constituyen un acuífero libre, donde se miden niveles de agua entre 3,95 m.b.n.s y 12, 05 m.b.n.s. Los pozos ubicados en esta unidad presentan rejillas entre los 5 y 18 m, con espesores determinados de 6 m y según la información de los pozos AG-143 y AG-93, se obtienen caudales entre 1 lts/s y 5 lts/s, así como transmisividades de 0,74 m²/d. La dirección de flujo es hacia el norte (Figura 30)

De acuerdo a lo analizado en el apartado 7.7.1, las oscilaciones en los niveles del agua subterránea del área de estudio muestran un comportamiento que concuerda con las variaciones de las precipitaciones de la zona, lo que indica un proceso de recarga directa de los acuíferos por el agua de las lluvias, tal y como se indica en el modelo de la figura 29.

También el modelo muestra los resultados de la clasificación química realizada en las aguas de pozos de ese sector y como se señala, éstas tienen una composición Clorurada Cálcica cerca de la costa, resultado de la influencia de la cuña de agua salada que ingresa tierra adentro, mientras que, alejándose de ella, hacia el centro y sector norte de la zona, las aguas son del tipo Bicarbonatadas Cálcicas, producto de la influencia de la composición de las aguas de lluvia que recargan los acuíferos y de la interacción con las rocas de composición carbonatada que conforman los terrenos de ese sector (Figura 29).

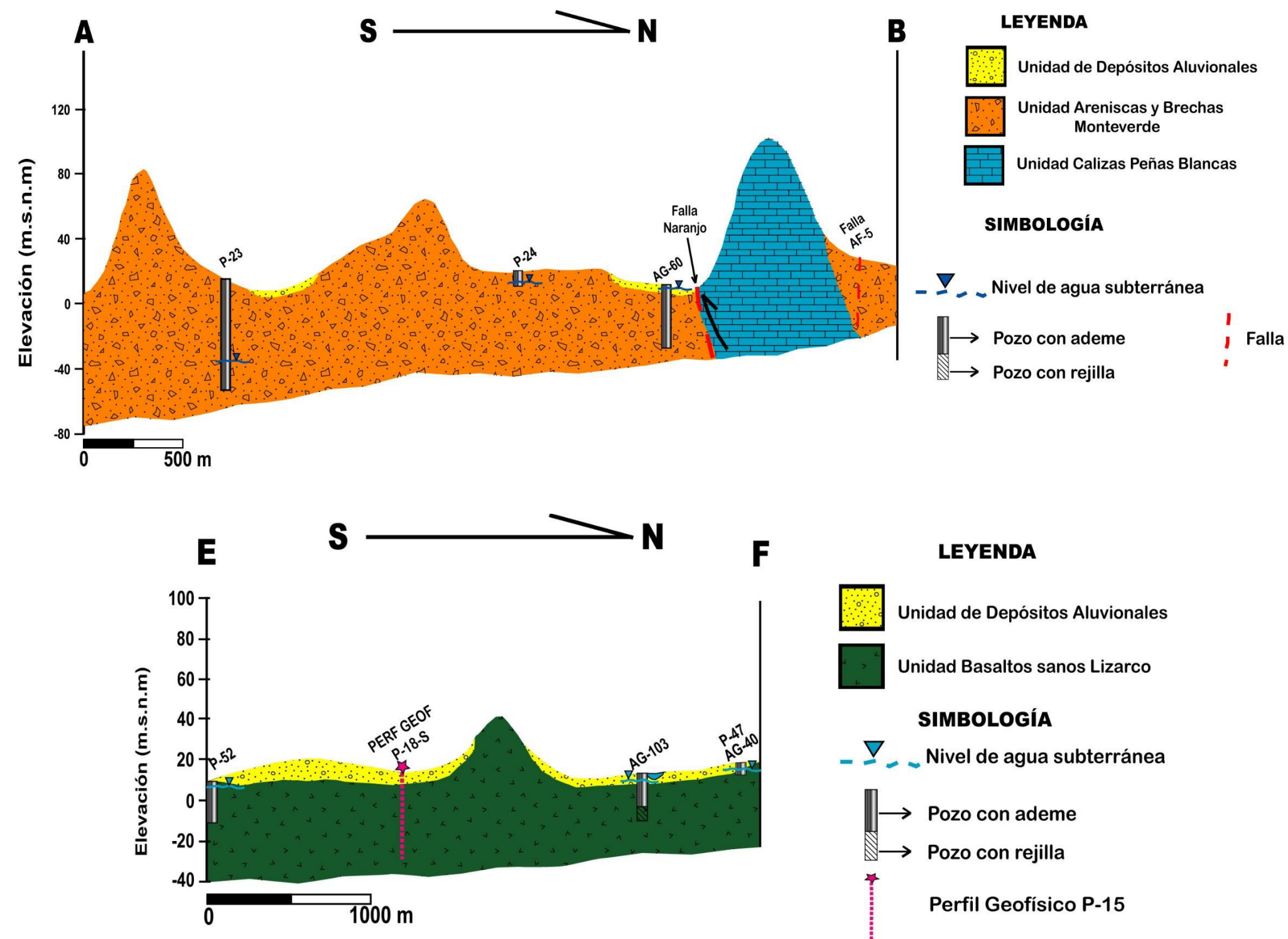


Figura 28. Perfiles hidrogeológicos A-B y E-F realizados en la zona de Colorado de Abangares y alrededores.

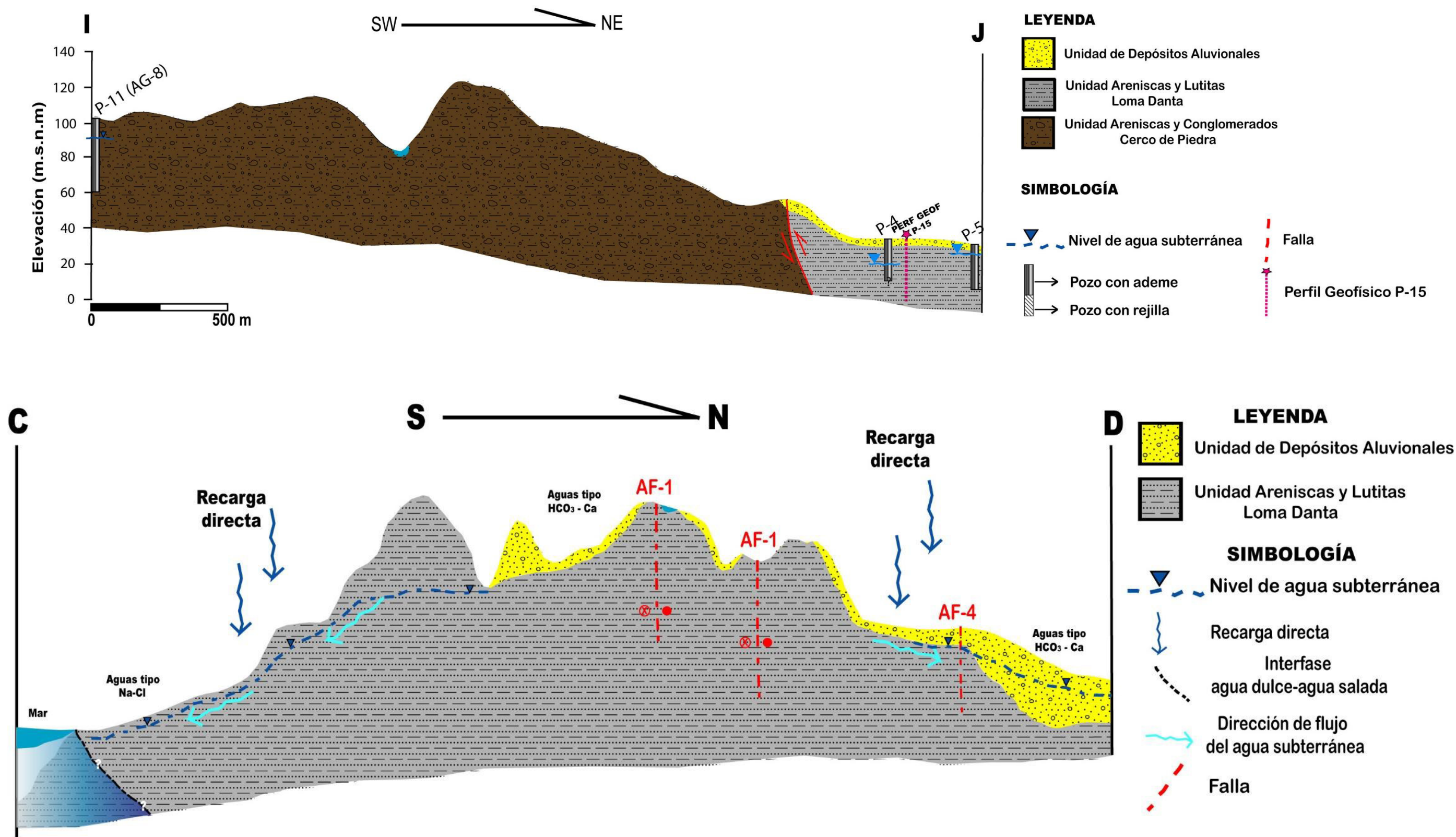


Figura 29. Perfil hidrogeológico I-J y modelo conceptual (sin escala) de la zona de Colorado de Abangares y alrededores.

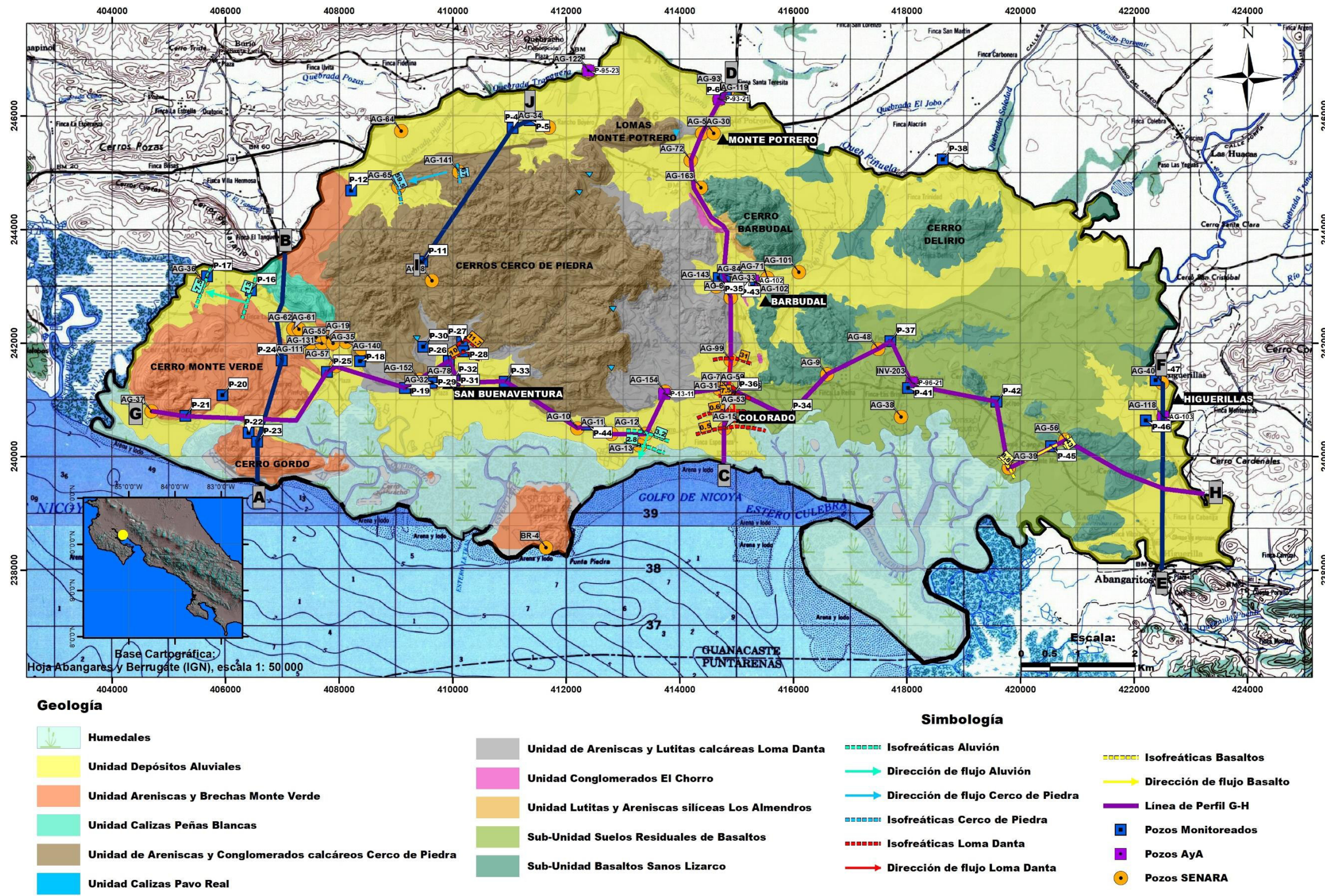


Figura 30. Elementos hidrogeológicos del área de Colorado de Abangares y alrededores.

8 CONCLUSIONES

1. La zona de estudio, en Colorado de Abangares y alrededores, abarca un área de 117 km², conformada geológicamente por dos grandes tipos de rocas, distribuidos muy marcadamente en dos sectores principales. En su sector oeste la zona está formada por rocas de origen sedimentario de composición calcárea, mientras que en su parte este, está constituida por rocas de origen ígneo que constituyen parte del basamento regional. Además, la zona se encuentra afectada por la presencia de una serie de fallas paleo-tectónicas y neo-tectónicas.
2. En los terrenos cercanos a la costa, las características de las formaciones rocosas, como la fuerte fracturación y la estratificación de las capas en dirección tierra adentro, favorecen el ingreso del agua de mar a los terrenos de la Zona 1.
3. Mediante la prospección geofísica efectuada, en los perfiles geoeléctricos desde el P-1 hasta el P-8, ubicados en la Zona 1, se obtienen valores de resistividad entre 2 Ω m y 9 Ω m para los materiales de la Unidad Areniscas y Brechas Monteverde. Mientras que para la Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta las resistividades medidas varían entre 1 Ω m y 200 Ω m. A partir del perfil geoeléctrico P-9 y hasta el P-12, se da un aumento significativo en las resistividades, lo que concuerda con el cambio de litología a los basaltos y sus productos de meteorización. En la zona 2 los perfiles geofísicos P-14, P-15 y P-20, así como la Tomografía realizada, muestra la existencia, en profundidad, de las areniscas de la Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta con resistividades que varían entre 3,1 Ω m y 400 Ω m debido a los diferentes estados de fracturación de las rocas. Estos valores asociados a la Unidad Areniscas y Lutitas calcáreas Loma Danta de la Zona 2 son más altos a los medidos en la misma unidad, pero en la Zona 1, lo que se explica debido a la existencia, en la Zona 1, de sedimentos saturados en aguas saladas, lo que genera la disminución en los resultados de resistividad obtenidos. Los valores, en esta Zona 3, van desde 1, 2

Ωm , asociado a basaltos fracturados hasta 300 Ωm , valor más alto determinado y relacionado a rocas basálticas más sanas. En general, los bajos valores de resistividad obtenidos en los perfiles P-2 hasta el P-10 de la Zona 1, en relación a los teóricos establecidos por Reynolds (1997), para los mismos tipos de materiales, se relaciona a la saturación, de esas litologías, con aguas salinas.

4. A partir del monitoreo mensual del nivel estático del agua subterránea, durante el período de Enero del 2016 a Abril del 2017, en pozos de la zona, se muestra la relación que existe entre la disminución de los niveles de agua durante los períodos de menor precipitación, que se da entre los meses de Enero a Junio del año 2016 y el posterior aumento durante los meses de Setiembre a Diciembre del año 2016, cuando ocurren las mayores precipitaciones en la zona, evidenciando la recarga directa de los acuíferos por las aguas de lluvia. Además, se detectó la especial afectación que tuvo, en los niveles de agua subterránea, el pasado fenómeno de El Niño, ocurrido durante el año 2015 y principios del 2016 y que originó fuertes descensos de las aguas subterráneas en la mayoría de los pozos analizados.
5. Con respecto al monitoreo mensual del valor de la conductividad eléctrica, realizado durante el mismo período de Enero del 2016 a Abril del 2017, en las aguas de los pozos de la zona de estudio, se observó también, que existe una correlación, general, del aumento de los valores de conductividad durante los meses de más bajo nivel de agua subterránea y su disminución con el aumento de los niveles estáticos.
6. Ninguno de los pozos monitoreados dentro de la zona de estudio mantuvo durante el período analizado, valores de conductividad eléctrica inferiores al Valor Alerta de 400 $\mu S/cm$ indicado por el Reglamento de la Calidad del Agua Potable y por el contrario, la mayoría de los pozos monitoreados mantienen conductividades entre 400 $\mu S/cm$ y menos de 1. 000 $\mu S/cm$. Esta tendencia general que se presenta, principalmente en las aguas de las zonas 1 y 2, a presentar medidas de conductividad eléctrica superiores a los 400 $\mu S/cm$, se debe a la composición mayormente

carbonatada de las rocas que conforman esos terrenos. Mientras que, valores superiores a $1.000 \mu\text{S/cm}$ que se midieron principalmente en el extremo oeste de la Zona 1, en pozos en los que las concentraciones de Ca^{2+} y de Cl^- superan los rangos establecidos, se relacionan a la contaminación con agua de mar. Los pozos que presentaron, en algunas de sus mediciones del período analizado, valores inferiores a los $400 \mu\text{S/cm}$ se ubican, principalmente, en las Zonas 2 y 3, durante los meses con los niveles de agua más elevados.

7. Durante el primer análisis físico químico, en Junio del 2016, iniciando la época lluviosa y cuando los niveles de agua estaban bajos, la mayoría de las concentraciones de Ca^{2+} y Mg^{2+} estuvieron por debajo del valor recomendado, pero los valores de sodio, cloruros y sulfatos fueron más elevados y por consiguiente las mediciones de conductividad eléctricas también fueron las más elevadas. Por el contrario, en el segundo muestreo realizado en Enero del 2017, al inicio de la época seca, pero cuando los niveles de agua estaban altos, las concentraciones de Ca^{2+} aumentaron (superando en la mayoría de pozos muestreados el valor recomendado), al igual que en el caso del Mg^{2+} y el HCO_3^- , mientras que la mayoría de las concentraciones de cloruro, sodio y sulfato disminuyeron, al igual que las conductividades eléctricas.
8. La presencia permanente de valores de conductividad eléctrica superiores al Valor Alerta de $400 \mu\text{S/cm}$ en una zona determinada indica la necesidad de complementar la investigación con otras metodologías como el mapeo geológico, la prospección geofísica, el análisis de la calidad del agua, utilización de diagramas para la clasificación de las aguas, así como la aplicación de diferentes índices hidro-geoquímicos con el fin de detectar ciertas anomalías que permitan obtener un contexto integral de la problemática de la zona en estudio.
9. Se observa que existe una afectación en las concentraciones de los iones de las muestras de agua del primer muestreo físico químico, realizado en junio del año 2016, originada tanto por los descensos de los niveles de agua subterránea como por la falta

de recarga de los acuíferos debido a la ausencia de lluvias por efecto del Fenómeno del Niño del año 2015, lo que, posiblemente, originó la precipitación de minerales e influyó en los resultados del balance iónico de dicho análisis.

10. Mediante la diagramación de los resultados de ambos muestreos físico-químicos en los Diagramas de Piper se observa la clasificación de las aguas subterráneas de la zona de estudio en tres facies hidro-geoquímicas. La Facie 1 está conformada por las aguas clasificadas como de tipo cloruradas cálcicas y sulfatadas cálcicas, todas de la Zona 1, que se presentan en los pozos cercanos a las salinas y camaroneras o cercanos a las zonas de esteros y manglares por donde fluyen aguas de mar que están ingresando a las capas de rocas. La Facie 2 es la predominante y está definida por las aguas clasificadas, principalmente, como de tipo bicarbonatadas cálcicas, lo que se asocia a que las aguas provienen de la recarga directa de las lluvias, pero con influencia también, de las rocas y minerales carbonatados predominantes en la zona y finalmente, la Facie 3, conformada por las aguas de tipo bicarbonatadas sódicas, que se presentan en la Zona 3 y se asocian a la interacción de las aguas subterráneas con los materiales de origen ígneo que componen las rocas de la zona.

11. A partir de la aplicación de los índices hidro-geoquímicos rMg^{2+}/rCa^{2+} y $rCl^-/rHCO_3^-$ en ambos muestreos se determina que, de acuerdo con el índice rMg^{2+}/rCa^{2+} , tanto en el primer muestreo como en el segundo la mayoría de las muestras de agua se asocian a un origen de tipo continental, esto a pesar de que en varios casos se obtienen resultados por debajo de esta clasificación, ya que el valor se acercan más al rango definido para aguas continentales que al de aguas de origen marino. En el caso del índice $rCl^-/rHCO_3^-$, en ambos muestreos, se obtiene que, en la mayoría de las muestras se obtuvieron resultados por debajo del índice de clasificación de aguas con un origen continental, no obstante, estos valores son más próximos a esta categorización que a la de aguas con un origen marino. Ninguna muestra se catalogó como una muestra de agua de origen marino, sin embargo, en el primer muestreo las muestras P-18 y P-34 obtuvieron los índices $rCl^-/rHCO_3^-$ más elevados.

- 12.** La comparación entre las metodologías aplicadas de Ghyben-Herzberg y Glover, para la localización de la interfase agua dulce-agua salada, muestra que, con la metodología de Ghyben-Herzberg se obtienen profundidades de localización de la interfase mayores que con el método de Glover. Además, se determinó que ninguna de las dos metodologías resultó efectiva, pues mediante la prospección geofísica y el análisis físico-químico se determinó que, por encima de las profundidades calculadas de localización de esta interfase ya existen evidencias del proceso de intrusión salina.
- 13.** En la zona de estudio se determina la presencia de varias unidades acuíferas de tipo libre, que se desarrollan en las diferentes unidades geológicas existentes en la zona. El acuífero más importante y el más explotado, mediante pozos tanto excavados como perforados, es el desarrollado en las fracturas de la Unidad de areniscas y lutitas Loma Danta, ubicadas al oeste de la zona de estudio. Presenta dos niveles de agua subterránea, el más somero oscila entre 1,03 m.b.n.s y 7,05 m.b.n.s, mientras que otro más profundo se detecta a entre 0,3 m.b.n.s y 9 m.b.n.s mediante rejillas que se localizan a profundidades entre 4,9 y 47 m, para espesores de hasta 18 m. Genera caudales que varían entre 2,5 lt/s y 10 lt/s, con transmisividades entre 20 m²/d y 70, 3 m²/d. Se determina, un gradiente hidráulico entre 0,0085 y 0,03 con una dirección de flujo hacia la costa. Otro acuífero libre, se origina en las rocas basálticas fracturadas que afloran en la parte este de la zona de estudio. Nuevamente se detectan dos niveles estáticos; los pozos con profundidades menores a 12 m captan el nivel que varían entre 3,25 y 7,20 m.b.n.s, mientras que los pozos perforados, con profundidades máximas de 65 m captan el nivel más profundo, que oscilan entre 3,70 y 23,25 m.b.n.s, se determina un espesor de hasta 24 m, caudales máximos determinados de 2,85 lt/s y transmisividades de 125 m²/d. Para este acuífero se determina un valor de gradiente de 0, 03 con una dirección de flujo también hacia el SW.

9 RECOMENDACIONES

- Mantener el monitoreo mensual de los niveles estáticos y conductividad eléctrica de las aguas de los pozos de la red de monitoreo establecida en la zona de estudio, para continuar con el análisis de las variaciones de estos dos parámetros con el aumento y disminución de las precipitaciones.
- Realizar nuevos muestreos físico-químicos (uno en la época seca y otro en la lluviosa) con el fin de corroborar los efectos de las variaciones del nivel en la química de las aguas.
- Investigar la influencia de las variaciones de las mareas en las concentraciones de los cloruros de las aguas subterráneas de los pozos de la zona y por consiguiente en sus valores de conductividad eléctrica.
- Realizar mediciones de parámetros redox, análisis del ión Bromuro (Br^-) y utilizar isótopos de Cl^- para obtener más detalles acerca del proceso de contaminación por intrusión marina.
- Realizar perforaciones de exploración y pruebas de bombeo en las unidades acuíferas más importantes de la zona de estudio, con el objetivo de caracterizar con más detalle las rocas presentes y obtener o actualizar los parámetros hidráulicos de cada uno de los acuíferos.
- Por su composición litológica, de las tres zonas definidas en el área de estudio, el sector más al norte de la Zona 2 es la más recomendable para la perforación de un pozo de exploración-producción, sin embargo, al igual que en el resto de la región los valores de conductividad medidos en esta zona son superiores a los $400 \mu\text{S/cm}$, la mayoría de pozos presentan valores que oscilan entre $400 \mu\text{S/cm}$ y menos de $1.000 \mu\text{S/cm}$. No se recomiendan perforaciones en la Zona 1 debido a la cercanía con el

sector costero y a la presencia de intrusión salina, tampoco se recomienda la Zona 3 por la existencia de basaltos poco fracturados que no permiten la generación de los caudales necesarios para el abastecimiento de la población existente.

10 BIBLIOGRAFÍA

- ARGÜELLO, A., CARMONA, S., DORMOND, P. & HERNÁNDEZ, J., 2016: Mapeo Geológico en Colorado de Abangares y alrededores, Guanacaste. – 59 págs. Informe de Práctica Geológica, AyA. [Informe Interno-AyA]
- ASTORGA, A., 1987: El Cretácico Superior y el Paleógeno de la vertiente Pacífica de Nicaragua Meridional y Costa Rica Septentrional: origen y dinámica de las cuencas profundas relacionadas al margen convergente de Centroamérica. - 250págs. Escuela Centroamericana de Geología. UCR [Tesis Lic]
- APPELO, C. A. J. & POSTMA, D., 1999: Geochemistry, groundwater and pollution. – 536 págs. A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands.
- AQUAMBIENTE, 2014: Estudio Técnico del Acueducto de Colorado de Abangares. [Informe Interno-AyA]
- ARELLANO, F., & VARGAS, A., 2001: Casos de contaminación por intrusión salina en acuíferos costeros de la Península de Nicoya (Costa Rica). - Rev. Geól. Amér. Central, 25:77-84.
- ARIAS, M., 2002: Aplicaciones Geofísicas a la Hidrogeología en Costa Rica. - Rev. Geól. Amér. Central, 27:11-20.
- ARIAS, M., VARGAS, A., & GUERIN, R., 2003: Geofísica aplicada al problema de la intrusión salina en los acuíferos costeros de Costa Rica. – En: IGME (ed): Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: Países mediterráneos, Madrid, 8 (1): 163-167.

- ARIAS, M., 2007: Modelización directa y comparación de los principales dispositivos geoelectricos. - Rev. Ciencia y Tecnología al, 25 (1-2):7-23.
- ASTM-D4448, 2013: Standard Guide for Sampling Ground-Water Monitoring Wells. ASTM International, United States.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, R., 1996: Hidrología Subterránea, Tomo I y II. – 1182 págs. Ediciones Omega S.A., Barcelona, España.
- DENYER P., AGUILAR, T. & MONTERO W., 2014: Cartografía Geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica: estratigrafía y tectónica. 207 págs. Editorial UCR, San José.
- DENGO, G. 1962: Tectonic-igneous sequence in Costa Rica. - Petrologic studies, volume in honor of A.F. Buddington, Geol. Soc. Am.:133-161.
- DIRECCIÓN DE AGUAS (MINAE), INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (AYA), SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO (SENARA), 2010: Metodologías Hidrogeológicas para la evaluación del Recurso Hídrico. La Gaceta N°243, San José, Costa Rica.
- ESCUDER, R., FRAILE, J., JORDANA, S., RIBERA, F., SÁNCHEZ-VILA, X. & VÁSQUEZ-SUÑÉ, E., 2009: Hidrogeología: Conceptos básicos de Hidrología Subterránea. - 768 págs. Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona, España.
- FETTER, C.W; 2001: Applied Hydrogeology. -598 págs. Ed. Prentice Hall, New Jersey.
- FLORES, K., 2003: Propuesta tectonoestratigráfica de la región septentrional del Golfo de Nicoya. - 176 págs. Escuela Centroamericana de Geología, UCR [Tesis Lic.]

- FLORES, K., DENYER, P. & AGUILAR, T., 2003: Nueva Propuesta Estratigráfica: Geología de las Hojas Matambú y Talolinga, Guanacaste, Costa Rica. - Rev. Geól. Amér. Central, 28:131-138.
- FOSTER, S., HIRATA, R., GOMES, D., D'ELIA, M. & PARIS, M., 2002: Protección de la Calidad del Agua Subterránea: Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. – 115 págs. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial. Washington, EE.UU.
- FUNDACIÓN CENTRO INTERNACIONAL DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA (FCIHS), s. f.: Clase 8.3 - <http://fcihs.espintime.com/tema8/docs/classe8-3-A.pdf> [Consulta: mayo del 2016]
- INGEOFICA DOS MIL S.A., 2106: Estudios de resistividad eléctrica en Abangares, Guanacaste. Volumen I: Sector Costero. [Informe Interno-AyA]
- INGEOFICA DOS MIL S.A., 2106: Estudios de resistividad eléctrica en Abangares, Guanacaste. Volumen II: Sector Norte. [Informe Interno-AyA]
- INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2017: Uso de cámara en pozos seleccionados de la red de monitoreo decolorado de Abangares. [Informe Interno-AyA]
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC), 2012: Resultados Generales: X Censo de Población y VI de Vivienda 2011. - 140 págs. 1 ed. San José, CR.
- LABORATORIO SAN MARTIN, 2014: Informes de Ensayos Físico-Químicos.

- LÓPEZ, J. & GÓMEZ, J., 2007: La Intrusión Marina y su incidencia en los acuíferos españoles. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15.3: 266-273. I.S.S.N.: 1132-9157
- MINISTERIO DE SALUD, 2005: Reglamento para la Calidad del Agua Potable. Decreto N° 32327-S. La Gaceta N°84.-16 págs. San José, Costa Rica.
- MONGE, M., 2015: Estudio Hidrogeológico y Balance Hídrico de los acuíferos de Playa Potrero y Playa Brasilito, Santa Cruz, Guanacaste. 110 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis de Licenciatura]
- MURILLO, D., 2008: Aplicación ambiental del método de resistividad eléctrica en el modelado del acuífero costero en Playa Panamá, Guanacaste, Costa Rica. - *Rev. Geól. Amér. Central*, 38: 21-31.
- PROTTI, R., 1981: Geología y geofísica con fines hidrogeológicos en la planicie costera Jicaral-Santa Rita, Península de Nicoya. 47 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis de Licenciatura]
- REYNOLDS, J., 1997: *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. 796 págs. John Wiley & Sons Ltd, England.
- RUIZ, P., 2006: Prospección, análisis y factibilidad técnica del uso de arcillas como neutralizadores de azufre en la fabricación de clinker en CEMEX Costa Rica, Colorado de Abangares. 91 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis de Licenciatura].
- SENARA, 2017: Apéndice 7. Metodologías para la determinación del riesgo de intrusión salina (Ghyben-Herzberg, Hubbert y Glover). En: *Metodologías Hidrogeológicas para la Evaluación del Recurso Hídrico*, Capítulo 4: Intrusión Salina. La Gaceta N°147.

SPRECHMANN, P., 1982: Estratigrafía de Costa Rica (América Central), I: unidades estratigráficas sedimentarias. - Actas V Cong. Latinoamericano Geol. Buenos Aires, I: 55-71.

STATE WATER RESOURCE CONTROL BOARD, s. f.: Conductividad Eléctrica/Salinidad. Folleto Informativo 3.1.3.0 -
http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf [Consulta: marzo del 2016]

ANEXO 1
Descripción petrográfica

Descripción completa de las secciones delgadas

Muestra AAD6-6-M1

Descriptor: Sebastián Carmona

Fecha: 19/02/2016

Coordenadas: 415053E/242888N

Parámetros macroscópicos

Color superficie fresca	Morado
Color superficie meteorizada	Naranja óxido
Tamaño máximo	0,5cm x 0,4cm
Tamaño mínimo	0,5mm x 0,5mm
Tamaño promedio	0,3cm x 0,3cm
Redondez	Subredondeados
Esfericidad	Subesféricos
Selección	Mal selección
Estructuras	Fracturas rellenas

Parámetros microscópicos

Modos	Trimodal
Tamaño máximo	1,2cm x 0,7cm
Tamaño Mínimo	0,05mm
Tamaño promedio	4mm x 2,4mm
Redondez	Subredondeado
Esfericidad	Subprismoidal
Selección	Pobremente sorteada
Madurez	Inmadura

Composición microscópica

Mineral	Redondez	Esfericidad	Porcentaje (%)	Observaciones
Qz Mono	-	-	-	-
Qz Poli	-	-	-	-
Qz Volc	-	-	-	-
Qz Tect	-	-	-	-
Qz au	X	-	2	Se encuentra rellenando fracturas
Feld-K	-			-
Feld-Ca-Na	Subredondeado	Subprismoidal	10	-
Micas			0	-
Opacos	Subangular	Subprismoidal	1	-
Otros	Subredondeado	Subdiscoidal	4	Augita
			<1	Hornblenda
Litoclastos	Subredondeados	Subdiscoidal	35	Basalto
Fósiles	-	-	-	-

Componentes de la matriz	%
Arcillosa	15
Cemento	
Silíceo	3

Diagénesis

Contacto entre granos	%
Libre	80
Punto	20
Remplazamiento	No
Tipo Porosidad	-
Primaria	25
Otros	
Porosidad secundaria	5

Nombre Textural: Conglomerado

Nombre Composicional: Litoarenita feldespática (Folk, 1968)

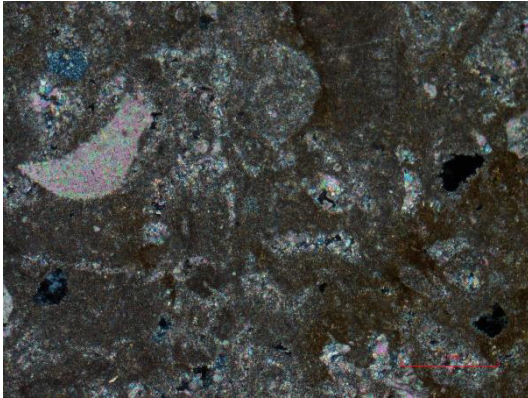


Foto 1 AAD6-6-M1 XX

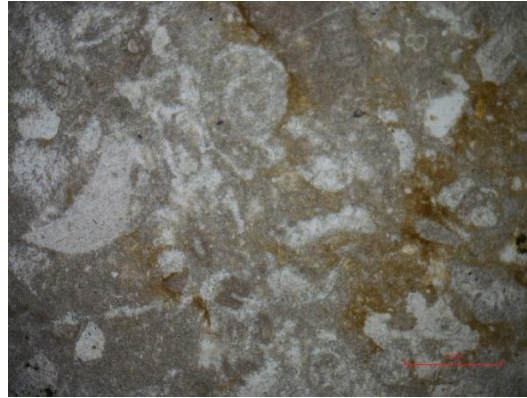


Foto 2 AAD6-6-M1 //

Muestra AAD8-4-M1

Descriptor: Sebastián Carmona Arias

Fecha: 29/2/2016

Coordenadas: 419086E/243466N

Descripción macroscópica:

Roca con textura afírica en una matriz fina gris oscura con vesículas de 3mm x 3mm rellenas de clorita, ceolita y calcita.

Composición:

Fenocristales	Porcentaje 100%	Tamaño
Matriz	80%	-
Vesículas	20%	3x3mm

Nombre: Andesita.

Descripción microscópica:

Textura afanítica porfírica con fenocristales de plagioclasa y augita, así como magnetita, donde los cristales de plagioclasa presentan forma acicular y xenomórfica, hipideomórfico en la augita. El tamaño promedio de los fenocristales es de 0,375mm x 0,15mm y tamaño máximo de 0,675mm x 0,28mm. Se observó además fracturas de un ancho promedio de 0,22mm rellenas de ceolita.

Composición:

Fenocristales	Forma	Tamaño	Alteración	Característica
Augita	Hipidiomórfica	0,375mm x 0,15mm	No presenta	No presenta
Plagioclasa	Acicular	0,375mm x 0,15mm	Arcillitización	También Xenomórficas
Vesículas	Xenomórfica	0,3mm x 0,3mm	Rellenas de ceolita	Ancho 0,22mm

Composición Modal

Fenocristales (76%)	Porcentaje
Plagioclasa	73
Augita	2
Opacos	1%
Matriz (18%)	Porcentaje
Plagioclasa	90
Vidrio	0
Vesículas	10

Índices para la clasificación de la roca según Streckeisen:

Q= 0 A= 0 P= 100 F= 0 M=10 Campo 10b

Nombre según Streckeisen: Andesita

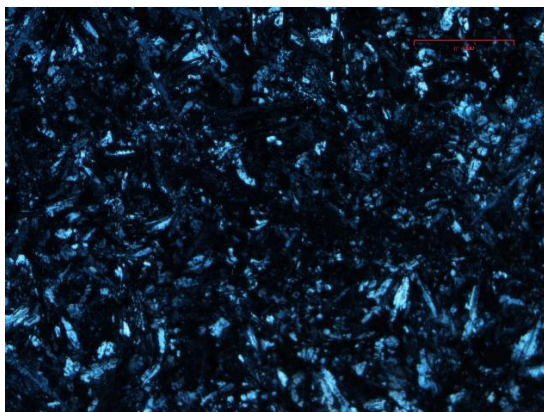


Foto 3 AAD8-4-M1XX



Foto 4 AAD8-4-M1//

Muestra AJD3-7-M1

Descriptor: Sebastián Carmona

Fecha: 19/02/2016

Coordenadas: 409568E/243444N

Parámetros macroscópicos

Color superficie fresca	Gris claro
Color superficie meteorizada	Gris cafezusco
Tamaño máximo	1,1cm x 0,5cm
Tamaño mínimo	0,5mm x 0,5mm
Tamaño promedio	0,3cm x 0,2cm
Redondez	Subredondeado
Esfericidad	Esferico a subprismoidal
Selección	Moderadamente seleccionada
Estructuras	No

Parámetros microscópicos

Modos	Bimodal
Tamaño máximo	0,4cm x 0,3cm
Tamaño Mínimo	0,125mm x 0,125mm
Tamaño promedio	0,625mm x 0,36mm
Redondez	Subredondeado
Esfericidad	Subprismoidal
Selección	Bien seleccionada
Madurez	Submadura

Composición microscópica

Mineral	Redondez	Esfericidad	Porcentaje (%)	Observaciones
---------	----------	-------------	----------------	---------------

Qz Mono				
Qz Poli				
Qz Volc				
Qz Tect				
Qz autigénico				
Feld-K				
Feld-Ca-Na	Subredondeada	Subprismoidal	45	
Micas				
Opacos	Subangular	Esféricos	1,5	
Otros	Subredondeados	Subprismoidal	6	Augita
Litoclastos	Subredondeados	Subdiscoidal	9	Caliza
	Subredondeados	Subdiscoidal	30	Andesita
Fósiles				

<u>Componentes de la matriz</u>	%
Arcilla	5
<u>Cemento</u>	
Micrita	2

Diagénesis

<u>Contacto entre granos</u>	%
Libre	10
Punto	40
Lineal	50
<u>Remplazamiento</u>	
Tipo Porosidad	
Primaria	1,5
Otros	

Descripción Microscópica

Arcosa Lítica bimodal con líticos de tamaño máximo de 0,4cm x0,3cm y promedios de 0,625mm x 0,36mm, en una matriz arcillosa cementada con micrita en un 2% de cemento y 5% de matriz, los cristales de plagioclasa y los líticos presentan subredondez y esfericidad subprismoidal y subdiscoidal respectivamente en donde el 9% corresponden a caliza y el 30% son andesita, los contactos entre los granos son 10% libres, 40% puntuales y 50% lineales, la porosidad de la roca es de 1,5%. Diagénesis de moderada a alta

Nombre Textural: Arenisca gruesa calcárea

Nombre Composicional: Arcosa lítica (Folk, 1968)



Foto 5 AJD3-7-M1XX

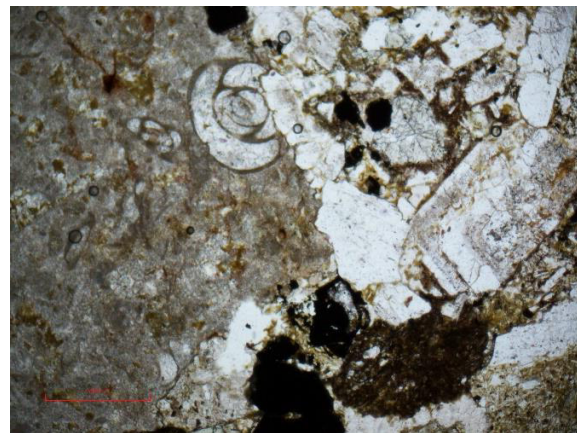


Foto 6 AJD3-7-M1//

Muestra APD8-1-M1

Descriptor: Pablo Dormond Sánchez

Fecha: 19/2/2016

Coordenadas: 421859E/240337N

Descripción macroscópica:

Roca con textura afírica en una matriz fina gris oscura con vesículas de 3mm x 3mm rellenas de clorita, ceolita y calcita.

Composición:

Fenocristales	Porcentaje 100%	Tamaño
Matriz	80%	-
Vesículas	20%	3x3mm

Nombre: Andesita.

Descripción microscópica:

Textura hipocristalina xenomórfica porfirítica con fenocristales de plagioclasa, magnetita hornblenda y biotita en una matriz intersertal y en secciones específicas se observa matriz traquítica con plagioclasa, magnetita y vidrio. Presenta clorita azul, ceolita y calcita relleno de las vesículas.

Composición:

Fenocristales	Forma	Tamaño	Alteración	Característica
Hornblenda	Hipidiomórfica	0,3x0,15mm	No presenta	No presenta
Plagioclasa	Hipidiomórfica	0,2x0,12mm	No presenta	No presenta
Piroxenos	Hipidiomórfica	0.7x1.375mm	No presenta	No presenta
Biotita	Xenomórfica	0,003x0,004mm	Opacita	No presenta
Vesículas	Xenomórfica	3mmx3mm	Rellenas de clorita	No presenta

Matriz (85%)	Porcentaje
Plagioclasa	50%
Vidrio	15%
Vesículas	15%

Composición Modal:

Fenocristales (20%)	Porcentaje
Plagioclasa	10%
Hornblenda	5%
Piroxenos	5%
Biotita	1%

Índices para la clasificación de la roca según Streckeisen:

Q= 0 A= 0 P= 100 F= 0 M=11 Campo 10b

Nombre según Streckeinsen: Andesita

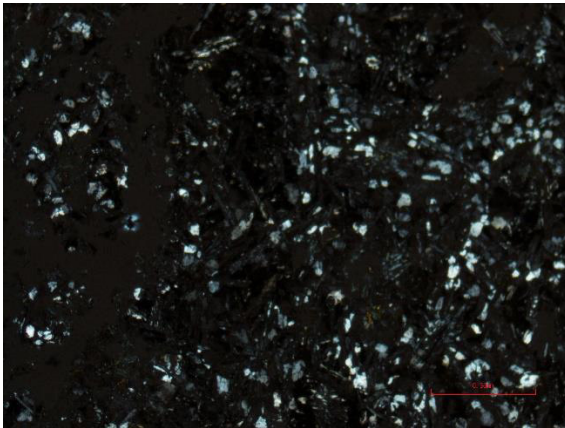


Foto 7 APD8-1-M1XX

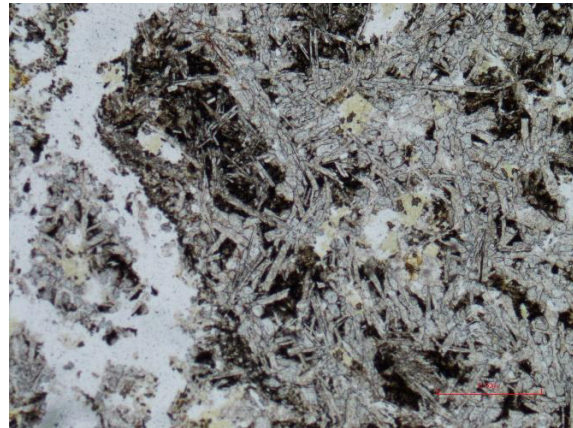


Foto 8 APD8-1-M1//

Muestra APD9-1-M1

Descriptor: Sebastián Carmona Arias

Fecha: 29/2/2016

Coordenadas: 422064E/238872N

Descripción macroscópica:

Roca con textura afírica en una matriz fina gris oscura con vesículas de 3mm x 3mm rellenas de clorita, ceolita y calcita.

Composición:

Fenocristales	Porcentaje 100%	Tamaño
Matriz	80%	-
Vesículas	20%	3x3mm

Nombre: Andesita.

Descripción microscópica:

Textura fanerítica porfírica con fenocristales de augita, plagioclasa, calcita, ceolita y cuarzo. En la plagioclasa se observó seritización, los cristales presentan forma xenomórfica (cuarzo, augita, ceolita y calcita) e hipideomórfica (plagioclasa). El tamaño promedio de los fenocristales corresponde a 0,5mm x 0,375mm y tamaño máximo 1mm x 0,625mm.

Composición:

Fenocristales	Forma	Tamaño	Alteración	Característica
Augita	Hipidiomórfica	0,5mm x 0,375mm	No presenta	No presenta
Plagioclasa	Hipidiomórfica	1mm x 0,625mm	No presenta	No presenta
Cuarzo	Xenomórfica	0,5mm x 0,375mm	No presenta	No presenta

Composición Modal

Fenocristales (92,5%)	Porcentaje
Plagioclasa	73
Augita	2
Opacos	1%
Calcita	
Cuarzo	
Matriz (0%)	Porcentaje

Plagioclasa	0
Vidrio	0
Vesículas (ceolita)	1,5

Índices para la clasificación de la roca según Streckeisen:

Q= 0 A= 0 P= 100 F= 0 M=10 Campo 10b

Nombre según Streckeisen: Gabro

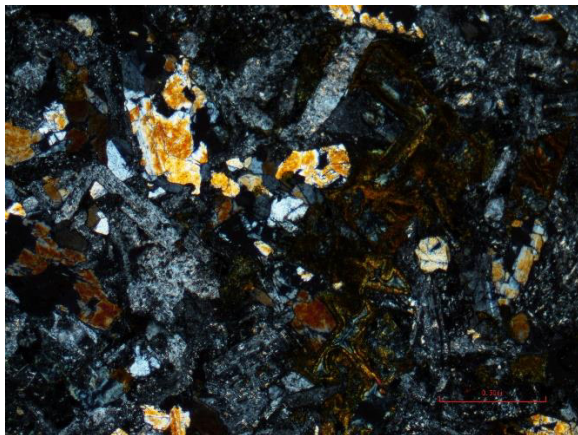


Foto 9 APD9-1-M1XX

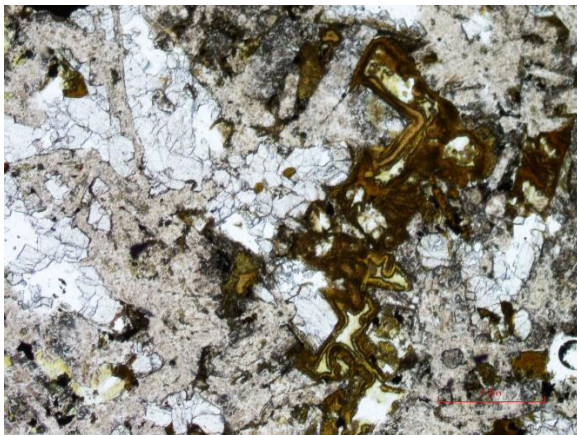


Foto 10 APD9-1-M1//

Muestra ASD2-11-M1

Descriptor: Sebastián Carmona

Fecha: 29/02/2016

Coordenadas: 410082E/241494N

Descripción macroscópica

Arenisca fina calcárea color gris oscuro, además se observan clastos color verde (1mm), presenta una pátina color gris blancuzco. Se observan vetas de calcita.

Parámetros microscópicos

Modos	Bimodal
Tamaño máximo	1,125mm x 0,075mm
Tamaño Mínimo	0,0125mmx 0,125mm
Tamaño promedio	0,07mm x 0,07mm
Redondez	Subredondeado
Esfericidad	Subprismoidal
Selección	Mal seleccionada
Madurez	Inmadura

Composición microscópica

Mineral	Redondez	Esfericidad	Porcentaje (%)	Observaciones
Qz Mono				
Qz Poli				
Qz Volc				
Qz Tect				
Feld-Ca-Na	Subredondeada	Subprismoidal	1,5	
Micas				

Opacos	Subredondeados	Subprismoidal	3	Magnetita
Otros				
Litoclastos				
Fósiles	Redondeados	Subdiscoidal		Foraminíferos, detrito de coral

<u>Componentes de la matriz</u>	%
micrita	93
Cemento	

Contacto entre granos	%
Libre	100
Punto	
Lineal	
Remplazamiento	
Tipo Porosidad	
Primaria	2
Otros	

Descripción Microscópica

Mudstone con cristales de plagioclasa y minerales opacos (magnetita) subredondeados y de esfericidad subdiscoidal a subprismoidal, el tamaño promedio de estos cristales es de 0,125mm x 0,075mm máximo y promedio de 0,07mm x 0,07mm. se observa la presencia de foramníferos y detrito de coral.

Nombre Textural: Lodolita

Nombre Composicional: Mudstone (Dunham, 1962)

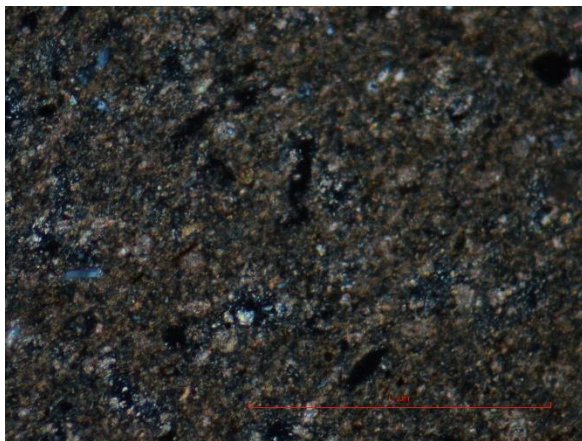


Foto 11 ASD2-11-M1XX

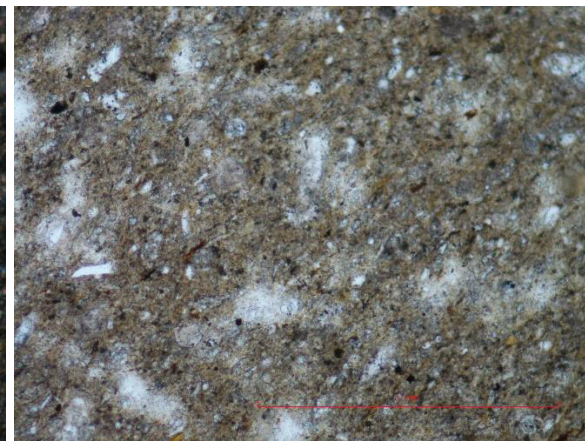


Foto 12 ASD2-11-M1//

Muestra ASD2-7-M1

Petrógrafo: Alejandro Argüello Sáenz

Fecha: 19/02/2016

Coordenadas: 409359E/241941N

Muestra Macro:

Color: Blanco
Superficie fresca: Blanco Amarillento

Superficie Meteorizada: Beige

Grado de litificación: N/a

Estructuras sedimentarias: N/a.

Tamaño de grano: 3x4cm Max 0,1x0,1cm Min 0,8x0,5cm Prom

Sección Delgada

Parámetros texturales y composicionales

Aloquímicos:

	Tipos	Tamaño (mm)	Porosidad (%)	Fragmentación	%
Fósiles	Macroforaminíferos bentónicos	0.2	3	No hay	3
	Coral	1	10	Media	7
	Espinas de erizo	0.5	2	Media	3
	Briozoos	0.7	3	Media	5
	Pellets (Bolitas)	-	-	-	-
	Intraclastos	0.05	2	-	3
	Ooides	-	-	-	-
	Peloides	-	-	-	-

Fracción Terrígena:

No presenta

Ortoquímicos

Matriz:

Matriz compuesta de micrítica en un 65% y esparítica en un 14%.

Cemento:

Presenta un cemento calcárea debido a procesos de diagénesis.

Tipos de porosidad:

Tipo	%	Observaciones
Primaria	2	
Secundaria	3	Rellena de calcita

Según Dunhan: Wackstone

Según Folk: Biomicrita Fosilífera

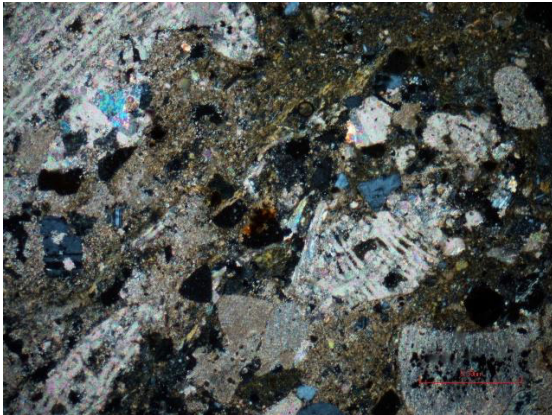


Foto 13 ASD2-7-M1XX

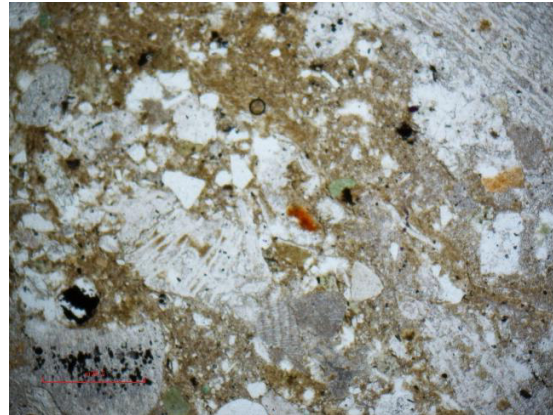


Foto 14 ASD2-7-M1//

Muestra APD1-1-M1

Petrógrafo: Alejandro Argüello Sáenz

Fecha: 19/02/2016

Coordenadas: 406828E/243040N

Muestra Macro:

Color: Blanco

Superficie fresca: Blanco hueso

Superficie Meteorizada: Beige

Grado de litificación: N/a

Estructuras sedimentarias: N/a

Tamaño de grano: 2x3cm Max 0,5x0,2cm Min 1x0,5cm Prom

Sección Delgada

Parámetros texturales y composicionales

Aloquímicos:

	Tipos	Tamaño (mm)	Porosidad (%)	Fragmentación	%
Fósiles	Macroforaminíferos ?	1,5	1	2 reemplazado	3
	Espinas de Erizo	0,5m	2	muy fragmentado	5

	Pellets (Bolitas)	-	-	-	-
	Intraclastos				
	Ooides	-	-	-	-
	Peloides	-	-	-	-

Fracción Terrígena:

No presenta

Ortoquímicos

Matriz:

Matriz compuesta de micrítica en un 82% y esparítica en un 15% .

Cemento:

Presenta un cemento calcárea debido a procesos de diagénesis.

Tipos de porosidad:

Tipo	%	Observaciones
Primaria	5	-
Secundaria	15	Rellena de calcita

Procesos diagenéticos

Tipo	Características	Observaciones
Neomorfismo	Fracturas rellenas	Se encuentran rellenas de calcita
Disolución	-	-
Reemplazamiento	Reemplazamiento de Fósiles por cemento espáritico	-
Min auti	-	-
Otros	-	-

Según Dunhan: MudStone

Según Folk: Micrita.

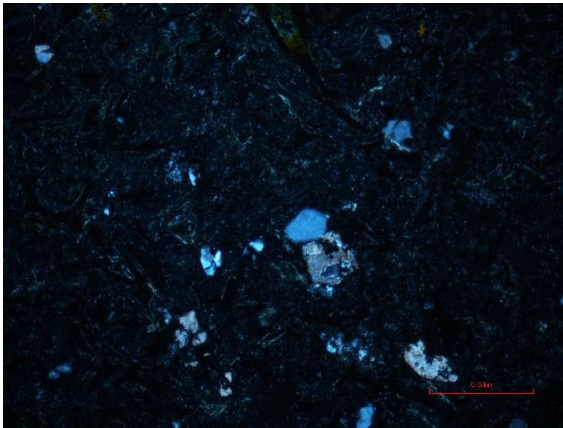


Foto 15 APD1-1-M1XX



Foto 16 APD1-1-M1//

Muestra AAD11-2-M1

Petrógrafo: Alejandro Argüello Sáenz

Fecha: 19/02/2016

Coordenadas: 412637E/244979N

Muestra Macro:

Color: Blanco

Superficie fresca: Blanco Amarillento

Superficie Meteorizada: Beige

Grado de litificación: N/a

Estructuras sedimentarias: Recristalizaciones de fósiles, posibles Rudista.

Tamaño de grano: 5x3cm Max 0,3x0,3cm Min 0,9x0,6cm Prom

Sección Delgada

Parámetros texturales y composicionales

Aloquímicos:

	Tipos	Tamaño (mm)	Porosidad (%)	Fragmentación	%
Fósiles	Macroforaminíferos (Globotruncana)	0.2	3	No hay	3
	Coral	0,9		Media	2
	Espinas de erizo	0,4	1	Media	3
	Rudistas	Desde 0,5cm hasta 7cm	4	Media	20
	Pellets (Bolitas)	-	-	-	-
	Intraclastos	-	-	-	-

	Ooides	-	-	-	-
	Peloides	-	-	-	-

Fracción Terrígena:mNo presenta

Ortoquímicos

Matriz: Matriz compuesta de micrítica en un 65 y esparítica en un 27%.

Cemento: Presenta un cemento calcárea debido a procesos de diagénesis.

Tipos de porosidad:

Tipo	%	Observaciones
Primaria	2	-
Secundaria	5	Rellena de calcita

Procesos diagenéticos

Tipo	Características	Observaciones
Neomorfismo	-	-
Disolución	-	-
Reenplaz	-	-
Min auti	Fracturas rellenas	calcita
Otros	-	-

Según Dunhan: Wackstone

Según Folk: Biomicrita Fosilífera



Foto 17 AAD11-2-M1XX



Foto 18 AAD11-2-M1//

Muestra ASD7-10-M1

Descriptor: Josue Hernandez Sancho

Fecha: 19/2/2016

Coordenadas: 410866E/243602N

Parámetros macroscópicos

Color superficie fresca	Gris oscuro	Observaciones
Color superficie meteorizada	Marron rojizo	-
Tamaño máximo	0.5mm	Arenisca media
Tamaño mínimo	-	-
Tamaño promedio	0.25mm	-
Redondez	-	-
Esfericidad	-	-
Selección	Muy bien selecciona	-
Estructuras	-	-
Reacción HCl	si	

Descripción:

Arenisca media calcárea color gris oscuro, presenta una pátina color marrón rojizo.

Parámetros microscópicos

Modos	
Tamaño máximo	0.2mm
Tamaño Mínimo	0.05mm
Tamaño promedio	0.13
Redondez	subredondeados
Esfericidad	subprismoidal
Selección	Muy bien sorteada
Madurez	Inmadura

Composición microscópica

Mineral	Redondez	Esfericidad	Porcentaje (%)
Qz Mono	-	-	-
Qz Poli	-	-	-
Qz Volc	-	-	-
Qz Tect	-	-	-
Qz autigénico	-	-	-
Feld-K	-	-	-
Feld-Ca-Na	subredondeado	subprismoidal	40%
Micas	-	-	-
Opacos	subredondeado	subprismoidal	3%
Otros	-	-	-
Litoclastos	-	-	-

Fósiles	redondeado	esferico	2%
---------	------------	----------	----

Componentes de la matriz	%
Micrítica	40%
Cemento	%
Esparítico	15%

Diagénesis

Contacto entre granos	100%
Flotantes	95%
De punto	5%
Remplazamiento	-
Tipo Porosidad	-
intergranular	100%
Otros	-

Nombre Textural: Arenisca fina (Folk, 1968).

Nombre Composicional: Arcosa (McBride, 1963), (Folk, 1968).

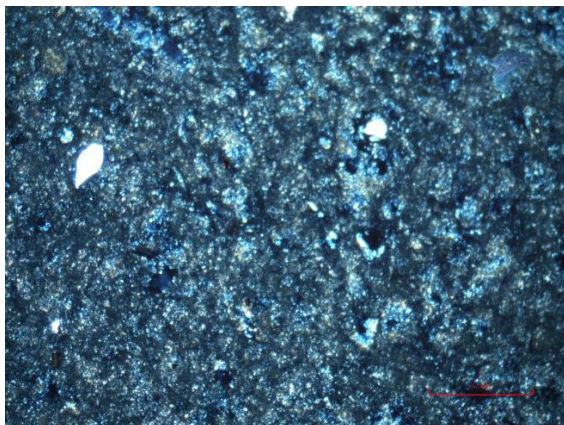


Foto 19 ASD7-10-M1XX

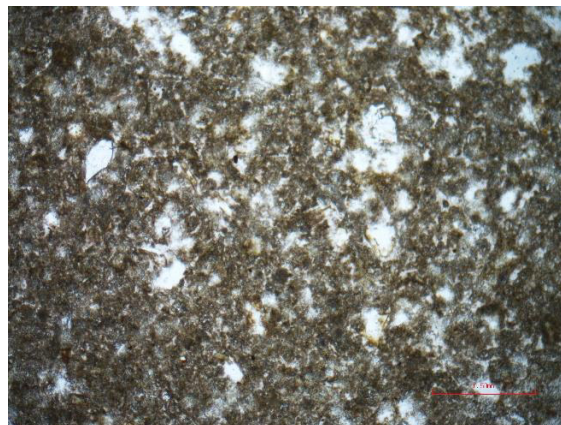


Foto 20 ASD7-10-M1//

Muestra ASD3-9-M1

Descriptor: Josue Hernandez Sancho

Fecha: 24/02/2016

Coordenadas: 414190E/241282N

Descripción de muestra de mano

Arenisca media calcárea color gris oscuro, se observan clastos de calcita y color negro (0.5cm máximo). Presencia de bivalvos y discocyclus (1cm máximo). Patina color café claro.

Parámetros microscópicos

Modos	
Tamaño máximo	2.5mm

Tamaño Mínimo	0.6mm
Tamaño promedio	1.6
Redondez	subredondeado
Esfericidad	subprismoidal
Selección	Moderadamente sorteado
Madurez	inmadura

Composición microscópica

Mineral	Redondez	Esfericidad	Porcentaje (%)
Qz Mono	-		
Qz Poli	-		
Qz Volc	-		
Qz Tect	-		
Qz autigénico	-		
Feld-K	-		
Feld-Ca-Na	subredondeado	subprismoidal	10%
Micas	-		
Opacos	subredondeado	subprismoidal	1%
Otros	-		
Litoclastos			
Andesita	subangular	Esférico	20%
Fósiles			
Discocyclina	subredondeado	subprismoidal	45%
Algas	subredondeado	Prismoidal	6%
Bivalvos	subredondeado	Prismoidal	10%
Nummulites	subredondeado	Subprismoidal	8%

Componentes de la matriz	%
Micrita	70%

Cemento	
Esparita	30%

Diagénesis

Contacto entre granos	%	Observaciones
Flotantes	70%	
de punto	10%	
Cóncavo-convexo	20%	Principalmente entre los fósiles de discocyclinas
Tipo Porosidad		
intergranular	100%	

Descripción Microscópica

Nombre Textural: Arena muy gruesa

Nombre Composicional: Litoarenita feldespática (McBride, 1963).

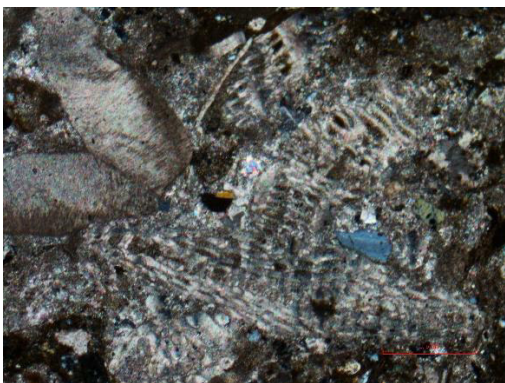


Foto 21 ASD3-9-M1XX



Foto 22 ASD3-9-M1//

Muestra AJD7-6-M1

Descriptor: Josue Hernandez Sancho

Fecha: 24/02/2016

Coordenadas: 416009E/241923N

Descripción macroscópica

Arenisca fina silíceea color verde. Se observan clastos redondeados color blanco de cuarzo.

Parámetros microscópicos

Modos	
Tamaño máximo	-

Tamaño Mínimo	-
Tamaño promedio	0.025mm
Redondez	-
Esfericidad	-
Selección	Muy bien seleccionada
Madurez	Inmadura

Composición microscópica

Mineral	Redondez	Esfericidad	Porcentaje (%)
Qz Mono	subredondeado	subprismoidal	5%
Qz Poli	-	-	-
Qz Volc	-	-	-
Qz Tect	-	-	-
Qz autigénico	-	-	-
Feld-K	-	-	-
Feld-Ca-Na	subredondeado	subprismoidal	10%
Micas	-	-	-
Opacos	-	-	-
Otros	-	-	-
Litoclastos	-	-	-
Fósiles	-	-	-

Componentes de la matriz	%
micrita	90%
Cemento	
Esparita	5%

Diagénesis

Contacto entre granos	%
-----------------------	---

flotantes	100%
Tipo Porosidad	
Intergranular	100%

Descripción Microscópica

Nombre Textural: Lodo

Nombre Composicional: Lodolita volcaniclástica

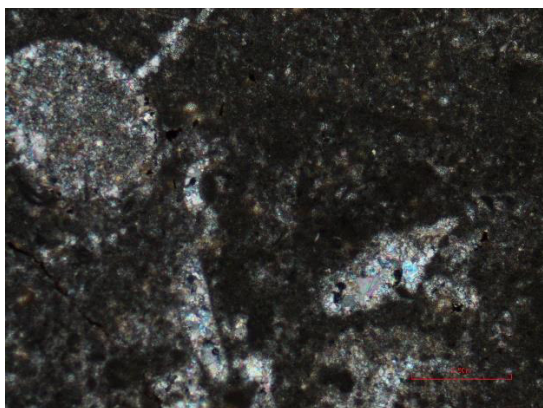


Foto 23 AJD7-6-M1XX

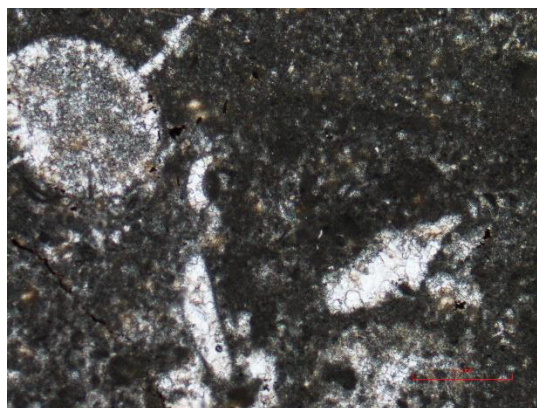


Foto 24 AJD7-6-M1//

Muestra AAD7-11-M1

Descriptor: Josue Hernandez Sancho

Fecha: 24/02/2016

Coordenadas: 415800E/243369N

Parámetros macroscópicos

Color superficie fresca	Gris oscuro con tonalidad verde
Color superficie meteorizada	Café oscuro, en ciertas zonas presenta una tonalidad morada
Tamaño máximo	-
Tamaño mínimo	-
Tamaño promedio	<1mm
Redondez	Subredondeado

Esfericidad	-
Selección	Muy bien seleccionada
Estructuras	

Descripción de muestra de mano

Arenisca fina silíceea color gris oscuro con fuerte tonalidad verde. Presenta una pátina color café oscuro con tonalidad morada en ciertas zonas.

Parámetros microscópicos

Modos	
Tamaño máximo	0.1mm
Tamaño Mínimo	0.03mm
Tamaño promedio	0.07mm
Redondez	Angular
Esfericidad	Prismoidal
Selección	Muy bien sorteado
Madurez	Inmadura

Composición microscópica

Mineral	Redondez	Esfericidad	Porcentaje (%)
Qz Mono	-		
Qz Poli	-	-	-
Qz Volc	-		
Qz Tect	-		
Qz autigénico	-		
Feld-K	-		
Feld-Ca-Na	Angular	Prismoidal	50%
Micas	-		
Opacos	-		

Augita	Angular	Prismoidal	50%
Andesitas	-		
Caliza	-		
Fósiles	-		

Componentes de la matriz	%
Arcilla café verdosa	60%
Cemento	
silíceo	40%

Descripción Microscópica

Nombre Textural: Arena muy fina

Nombre Composicional: Arcosa (McBride, 1963).

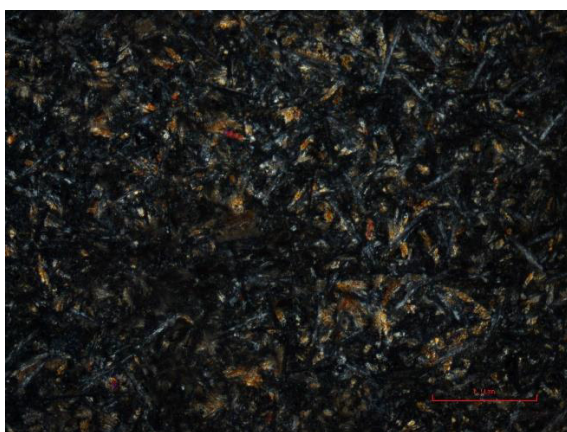


Foto 25 AAD7-11-M1XX

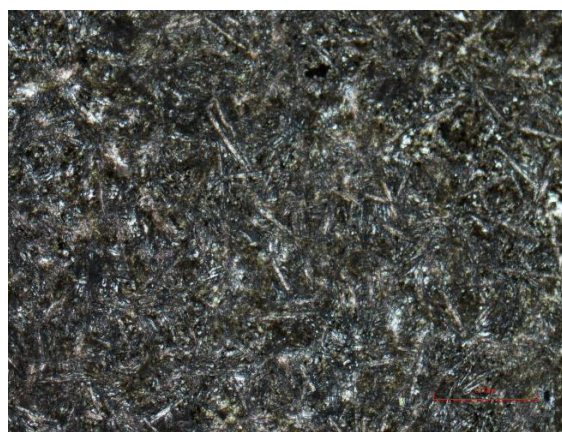


Foto 26 AAD7-11-M1//

Muestra AAD8-2-M1

Descriptor: Josue Hernandez Sancho

Fecha: 24/2/2016

Coordenadas: 417837E/241956N

Descripción macroscópica:

Roca con textura afírica en una matriz fina gris oscura con vesículas de 3mm x 3mm rellenas de clorita, ceolita y calcita.

Composición:

	Porcentaje 100%	Tamaño
Matriz	80%	-

Vesículas	20%	3x3mm
-----------	-----	-------

Nombre: Andesita.

Descripción microscópica:

Textura holocristalina xenomórfica porfirítica con cristales de plagioclasa, magnetita, augita y olivino, no posee matriz. Los cristales se encuentran muy fracturados.

Composición:

Cristales	Forma	Tamaño	Alteración	Característica
Olivino	Hipidiomorfica	1.12x0.9mm	Serpentina	Alto grado de fracturación
Augita	Hipidiomórfica	0.85x0.6mm	No presenta	No presenta
Plagioclasa	Hipidiomórfica	0.6x0.3mm	No presenta	No presenta
Magnetita	Hipidiomorfica	0.25x0.25mm	No presenta	No presenta

Composición Modal

Cristales (100%)	Porcentaje
Olivino	90%
Augita	5%
Plagioclasa	4%
Magnetita	1%

Índices para la clasificación de la roca según Streckeisen:

Q= 0 A= 0 P= 100 F= 0 M=10 Campo 10b

Nombre según Streckeisen: Basalto con olivino

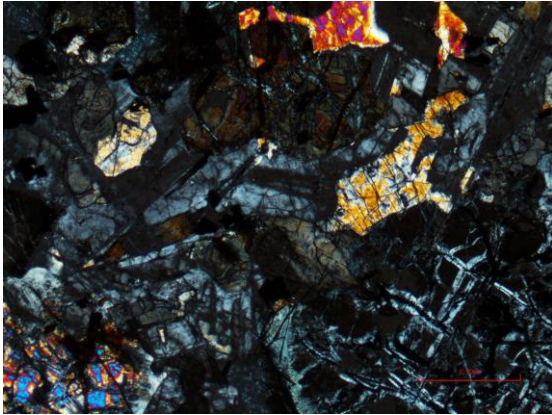


Foto 27 AAD8-2-M1XX

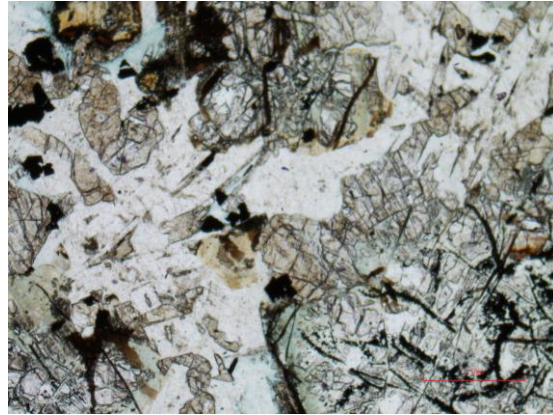


Foto 28 AAD8-2-M1//

Muestra ASD4-1-M2

Descriptor: Josue Hernandez Sancho

Fecha: 29/2/2016

Coordenadas: 415425E/241304N

Descripción macroscópica:

Roca afanítica porfírica, matriz color morado (vino) con fenocristales de plagioclasa y hornblendas (<1mm) y vetas de calcita.

Composición:

Composición	Porcentaje 100%	Tamaño
Matriz	90%	-
Fenocristales		
Plagioclasa	8%	<1mm
Hornblenda	2%	<1mm

Nombre: Basalto

Descripción microscópica:

Textura hipocristalina xenomórfica porfírica con fenocristales de plagioclasa, en una matriz arcillitizada color café. Se observa clorita parda como mineral de meteorización. Las fracturas están rellenas de calcita.

Composición:

cristales	Forma	Tamaño	Alteración	Característica
Plagioclasa	Hipidiomórfica	0.3x0.1mm	No presenta	No presenta

Magnetita	Hipidiomórfica	0.05x0.05mm	No presenta	No presenta
Clorita parda	Hipidiomórfica	0.3x0.2mm	No presenta	No presenta

Composición Modal

Fenocristales (20%)	Porcentaje
Plagioclasa	40%
Magnetita	5%
Clorita parda	25%
Matriz (40%)	Porcentaje
Arcilla	30%

Índices para la clasificación de la roca según Streckeisen:

Q= 0 A= 0 P= 100 F= 0 M=10 Campo 10b

Nombre según Streckeisen: Andesita

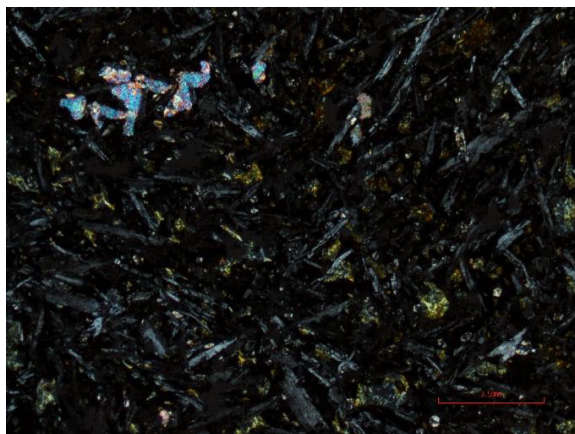


Foto 29 ASD4-1-M2XX



Foto 30 ASD4-1-M2//

Muestra AJD7-20-M1

Descriptor: Sebastián Carmona

Fecha: 29/02/2016

Coordenadas: 415214E/243556N

Parámetros macroscópicos

Color superficie fresca	Verde grisáceo claro
Color superficie meteorizada	Beige Café oscuro
Tamaño máximo	1mm x 0,5mm

Tamaño mínimo	0,2mm x 0,2mm
Tamaño promedio	0,5mm x 0,5mm
Redondez	Subredondeado
Esfericidad	Subdiscoidal
Selección	Mal seleccionada
Estructuras	No se observó

Parámetros microscópicos

Modos	Bimodal
Tamaño máximo	1,125mm x 0,85
Tamaño Mínimo	0,05mm x 0,05mm
Tamaño promedio	0,125mm x 0,125
Redondez	Subredondeado
Esfericidad	Subprismoidal
Selección	Mal seleccionada
Madurez	Inmadura

Descripción macroscópica

Roca color verde grisáceo claro con pátina beige claro y café oscuro, se observan clastos subredondeados de tamaño milimétrico de composición ígnea (inferidos como basálticos), de esfericidad subdiscoidal mal seleccionada, se define la roca como arenisca fina.

Composición microscópica

Mineral	Redondez	Esfericidad	Porcentaje (%)	Observaciones
Qz Mono	Subredondeado	Subdiscoidal	1	
Qz Poli				
Qz Volc				
Qz Tect				
Feld-Ca-Na	Subredondeada	Subprismoidal	3	
Micas				

Opacos				
Otros	Subredondeado	Subdiscoidal	1	Glauconita
Litoclastos				Shards
Fósiles	Redondeados	Subdiscoidal		globotruncana

Componentes de la matriz	%
micrita	89,5
Cemento	0

Diagénesis

Contacto entre granos	%
Libre	0
Punto	5
Lineal	95
Remplazamiento	-
Tipo Porosidad	-
Primaria	3
Otros	-

Descripción Microscópica

Mudstone con cristales de plagioclasa, calcita y cuarzo, donde los cristales presentan forma subredondeada y con esfericidad subprismoidal a subdiscoidal, roca inmadura con 89,5% de matriz tipo micrita, plagioclasa 3%, cuarzo 1%, calcita 1,5%, fósiles 1,5% y porosidad 3%. El tamaño promedio de los cristales corresponde a 0,125mm x 0,125mm y máximo es de 1,125mm x 0,85mm. La matriz corresponde al tipo micrítico. En la sección se observan shards y globotruncanas, además se observa en la plagioclasa alteración a clorita y serpentinización.

Nombre Textural: Arenisca fina

Nombre Composicional: Mudstone (Dunham, 1962).

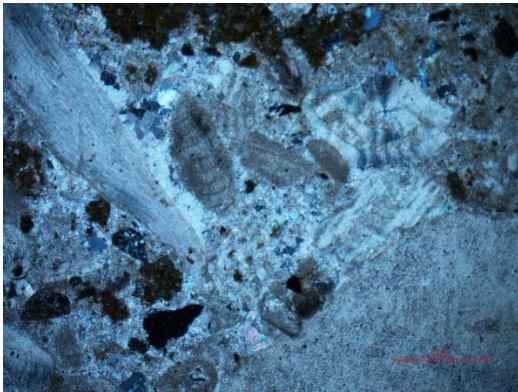


Foto 31 AID7-20-M1XX

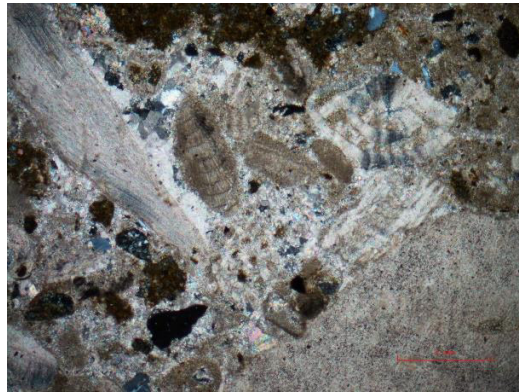


Foto 32 AID7-20-M1//

Muestra AAD1-1-M2

Descriptor: Sebastián Carmona

Fecha: 29/02/2016

Coordenadas: 406497E/241172N

Muestra macroscópica

Arenisca fina calcárea color gris claro, con una pátina color beige de 1-5mm. Presenta cierto grado de silicificación.

Parámetros microscópicos

Modos	Unimodal
Tamaño máximo	0.3mm
Tamaño Mínimo	0.05mm
Tamaño promedio	0.08mm
Redondez	Angular
Esfericidad	Subprismoidal
Selección	Muy bien sorteado
Madurez	Inmadura

Composición microscópica

Mineral	Redondez	Esfericidad	Porcentaje (%)
Qz Mono	-	-	-
Qz Poli	-	-	-

Qz Volc	-	-	-
Qz Tect	-	-	-
Feld-Ca-Na	Subredondeada	Subprismoidal	10
Micas	-	-	-
Opacos	-	-	-
Otros	-	-	-
Litoclastos	-	-	-
Fósiles	-	-	-

Componentes de la matriz	%
micrita	90
Cemento	0

Diagénesis

Contacto entre granos	%
Libre	15
Punto	10
Lineal	75
Remplazamiento	
Tipo Porosidad	
Primaria	5
Otros	

Nombre Textural: Lodolita

Nombre Composicional: Mudstone (Dunham, 1962).



Foto 33 AAD1-1-M2//

ANEXO 2
Descripción de pozos

POZO	TIPO	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	CARACTERÍSTICAS
AG-5	Perforado	0-7 m Arcilla: Material muy plástico gris, adhesivo, suave, impermeable y de transmisibilidad baja. 7-24,4 m Arenisca: Formación sedimentaria de origen marino, metamorfozada por una intrusión y muy fracturada, dándole porosidad secundaria muy buena, permitiéndole almacenar gran cantidad de agua, con transmisibilidad alta, implicando que el pozo da alto rendimiento de agua.El material es verdoso cuando está sano y amarillo meteorizado.	Ne (m.b.n.s): 6,09 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): 2,52 Rejilla (m): 13-26 m Profundidad (m):25.9
AG-6	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 7,05 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m):No se indica. Profundidad:9.38m
AG-7	Excavado	Sedimentos carbonáticos.	Ne (m.b.n.s): 1,03 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad: 7.39m
AG-8	Perforado	Arcilla gris: Suelo arcilloso de negro a gris, plástico. Regolitas y arcillas: Regolitas fragmentos de roca en matriz arcilloso café marrón. Sedimentario Formación Sabana Grande.	Ne (m.b.n.s): 2.35 T (m ² /d): 462, 76 S: 0,081 Q (lt/s): 5,85 Rejilla (m): 40-102 m Profundidad (m):107
AG-9	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): Sin inf. clara T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad: no se indica.
AG-10	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 10,84 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad: no se indica
AG-11	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 6,96 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m):No se indica. Profundidad(m): no se indica

AG-12	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 3,40 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad: no se indica
AG-14	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 5,85 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad: no se indica
AG-15	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 3,2 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad(m): no se indica
AG-16	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 5,6 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad: no se indica.
AG-26	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 6,2 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad (m) :9.58
AG-31	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 5,65 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No Aplica Rejilla (m): No se indica. Profundidad (m):7
AG-33	Excavado	No se indica	Ne(m.b.n.s):6.68 T(m ² /d) : no indica S: No se indica. Q (lt/s): No Aplica Rejilla (m): No se indica. Profundidad (m): 11.18
AG-34	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 5,09 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica.
AG-37	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 3,42 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad (m) 4.2

AG-38	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 1,02 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica.
AG-39	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 7,2 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad (m): 9.20
AG-40	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 4,05 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad (m) : 5.05
AG-48	Excavado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 0,68 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad (m):2.7
AG-56	Perforado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 12,19 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m):12-36 m Profundidad (m) 36.57
AG-57	Perforado.	0-6 m Suelo: Café claro, arcilloso. 6- 10 m Arcilla con grava (75-25%): La grava está constituida por fragmentos lávicos cuyo tamaño oscila entre 1 y 5 mm. Permeabilidad aparente baja o nula. 10-16 m Grava: Constituida por fragmentos lávicos y de arenisca fina, con tamaños entre 1 y 20 mm. Se observan fragmentos desde angulosos hasta subredondeados. Permeabilidad aparente alta. 16-52 m Arenisca: Gris claro verdoso de grano fino con cementico carbonático. Se observan algunas vetas de calcita y muy pocos planos de oxidación. Permeabilidad aparente baja.	Ne (m.b.n.s): 4.90m T (m ² /d): 62,42 S: 0,2 Q (lt/s): 3,44 Rejilla (m): 10-28m (m) Profundidad (m) 52
AG-59	Perforado	0-3, 05 m: Arcilla color pardo. 3,05-6,10 m: Arena y grava limpia. 6,10- 7,62 m: Piedra rodada mediana aluvional. 7,62-27,44 m: Roca fracturada celeste con indicación de oxidación. 27,44-35, 00 m: Piedra celeste compacta.	Ne (m.b.n.s): 3,18 T (m ² /d): No se indica. S: No Aplica Q (lt/s): 2,52-3,69 Rejilla (m):4-10,98 m, 20-37 m Profundidad (m): 35

AG-60	Perforado	No se indica.	Ne (m.b.n.s): 2.6m T (m ² /d): Q (lt/s): Profundidad(m): 37.4
AG-78	Perforado	0-2 m: Arcilla café claro, plástica con arena (brecha-arenisca). 2-4 m: Aluvión grueso, grava y arena gruesa. Buena permeabilidad. 12: Arcilla café claro con clastos angulares de arenisca, brechas sedimentarias, permeabilidad aparente baja, calcáreo. 12-16 m: Clastos angulares de brecha y arenisca, calcárea, poca arcilla, mejor permeabilidad. 16-20 m: Material sedimentario marino, brechas y areniscas, café oscuro y verdoso, fracturado, permeabilidad aparente buena, calcáreo. 20-30 m: Areniscas de grano grueso, cementada, dura, permeabilidad aparente baja.	Ne (m.b.n.s): 5,64 T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): 4,75 Rejilla (m):8-24 Profundidad (m) 30
AG-89	Perforado	No se indica	T (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No se indica. Profundidad (m) : No se indica.
AG-93	Perforado	0-7 m: Limo y arcilla, marrón, rojizo, baja permeabilidad. 7-10 m: Arena y grava. La grava es fina pero aparenta permeabilidad media a alta. 10-15: Arcilla, contiene un poco de grava y arena, permeabilidad baja. 15-18: Grava con arena, permeabilidad aparente media a alta. 18-21 m: Arenisca, sana, negra. Aparenta permeabilidad baja, masiva.	Ne (m.b.n.s): 3,95 T (m ² /d): No se indica S: No se indica Q (lt/s): 5 Rejilla (m):7-10 m, 15-18 m
AG-99	Perforado	0-7 m: Arenisca fina y lutita, un poco meteorizadas, fracturadas. Se observa claramente alteración esferoidal en los primeros metros del agujero. 7-14 m: Arenisca fina y lutita, sana, densa, dura, color gris oscuro. 14-27 m: Arenisca fina, gris claro, notablemente más suave que el horizonte anterior. Sana. 27-32 m: Arenisca, similar a la anterior, poco suave. 32-40 m: Arenisca, sana dura, similar al horizonte comprendido entre 7 y 14 metros. De grano fino.	Ne (m.b.n.s): 9 (m ² /d): No Aplica S: No Aplica (lt/s): No Aplica Rejilla (m): 22-38 Profundidad(m): 40

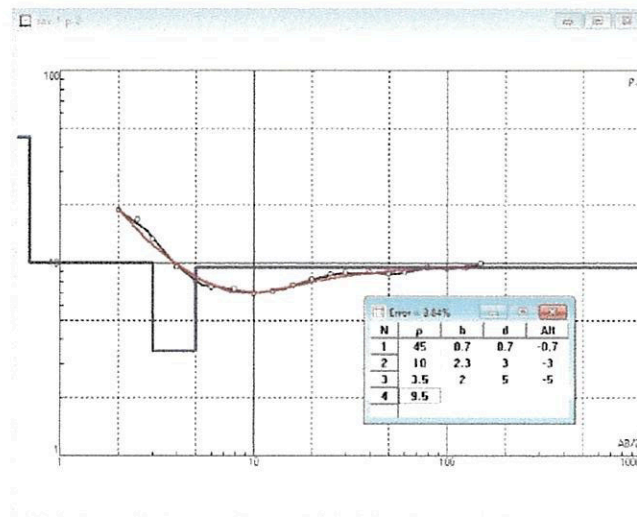
AG-103 (AG-118)	Perforado	0-6 m: Arcilla café claro, plástica, maleable y totalmente impermeable. 6-14 m: Lava gris cafesuszca, textura afanítico-porfirítica, con fenocristales de feldespatos y piriboles. Bastante alterada y oxidada. Con permeabilidad aparente de media a alta. 14-35 m: Lava negra y textura afanítica, con algunos fenocristales de feldespatos y piriboles en menos de un 5%. Muy sana y sin oxidación aparente. Con moderada permeabilidad	Ne (m.b.n.s): 3,70 T (m ² /d): 125 S: No se indica. Q (lt/s): 2,85 Rejilla (m): No se indica. Profundidad (m):35
AG-101	Perforado	0-1 m: Suelo café oscuro, consttuido por restos líticos principalmente, aunque contiene algo de materia orgánica. Su permeabilidad aparente es alta. 1-20 m: Aluvión conformado por materiales de diferente granulometría, de composición lávica predominantemente, color café verdoso. Con permeabilidad aparente de media a baja. 20-39 m: Lava color negro y textura afanítica, muy densa y sana, sin oxidación aparente. Permeabilidad aparente de media a baja. 39-57 m: Arenisca de grano fino a medio,color gris verdoso. Muy sana y compacta, por lo que su permeabilidad aparente es muy baja.	Ne (m.b.n.s): 2 (m ² /d): No se indica. S: No se indica. Q (lt/s): No se indica. Rejilla (m): No Aplica T
AG-119	Perforado	0-17 m Arcilla color marron, con características de tobas. 17-22 m: Lacas, sana , color gris, permeabilidad media. 22-25 m: arenisca superior meteorizada. 25-30 m: Arenisca sana con granos de basalto, cuarzo y otros de coloración roja, permeabilidad media.	Ne (m.b.n.s): (m ² /d): Q (lt/s): Rejilla (m): 18-30 m Profundidad (m):30 T
AG-129	Perforado	0-12 Suelo arcilloso color café claro 12-14 Areniscas finas con calcita y concreciones silíceas. 14-25 Areniscas muy finas con material arcilloso. 25-35 Areniscas color gris. Perm.AP. Baja. 35-45 Idem anterior 45-60 Areniscas muy finas con fragmentos blancuscos (carbontos)	Ne (m.b.n.s): 2.4 T (m ² /d): Q (lt/s): Rejilla (m): Profundidad (m): 60
AG-130	Perforado	0-22 Lutitas con interc de areniscas. Baja permeabilidad . 22-60 Areniscas gris claro. Permeabilidad aparente baja.	Ne (m.b.n.s): 9.73 (m ² /d): Q (lt/s): Rejilla (m): Profundidad (m): 60 T S:
AG-142	Perforado	No se indica	Ne (m.b.n.s): Sin inf. T (m ² /d): Sin inf. Q (lt/s): Sin inf. Rejilla (m): Sin inf. Profundidad (m): Sin inf.

AG-143	Perforado	0-2 m: Arcillas. 2-20 m: Conglomerado de areniscas, lutitas y calizas. 20-30: Areniscas y lutitas solidas con fracturamiento.	Ne (m.b.n.s): 0 (m ² /d): 0,74 No se indica. (lt/s): 2 Rejilla (m): No se indica. Profundidad(m): 30	T S: Q
AG-152	Perforado	0-1 m: Suelo vegetal. 1-3 m: Calizas masivas con huecos y fósiles.	Ne (m.b.n.s): 4,32 T (m ² /d): 20 16,51 (lt/s): 10,26 Rejilla (m): 12-30 Profundidad (m) 30	S: Q
AG-154	Perforado	0-4m:Arenisca de grano fino y color café claro, parcialmente alterada y con moderada Perm. Ap. 6-40m:Areniscas de grano fino y color gris verdoso, relativamente sanas , ligeramente calcáreas, con vetillas milimétricas de calcita y abundantes restos fósiles. Con baja Perm.Ap y moderada porosidad secundaria originada por fracturación	Ne (m.b.n.s): 0,3 T (m ² /d): 70,27 S: 1,40 Q (lt/s): 4 Rejilla (m): (29-47) Profundidad(m): 50	
AG-163	Perforado	0-5 Basaltos del denominado KC color café grisaceo oscuro. Muy quebrados pero duros y con fuerte oxidación con baja Perm.Ap. 5-10 Pequeño relleno aluvial conformado por grava de composición basáltica con alta Perm. Ap. Es la principal zona productora de agua. 10-28 Basaltos de color negro muy sanos y duros y con baja Perm.Ap.	Ne (m.b.n.s): 8.4 T (m ² /d): Q (lt/s): Rejilla (m): Profundidad (m): 28	S:
96-21 (AYA)) INV. 203	Perforado	0-3 m: Suelo Arcilloso 3-6 m : Arcilla con arena 6-7 m Lutitas café calor 7- 10 m: Lutitas café verdoso claro 10-16 Lutitas, con fractura 16-22 m:Arenisca color verdoso,c on fracturación 22-26 m: Lutitas 26-30 m: Areniscas muy compactas	Ne (m.b.n.s): sin información T (m ² /d): S: Q (lt/s): Rejilla (m): 12-24m Profundidad (m):30	
93-21	Perforado	0-17 m. Arcilla color marrón con características de toba, con cristales y fragmentos meteorizados. 17-22m. Lava sana color gris oscuro con muchos cristales. Aparenta permeabilidad media. 22-25m. Posiblemente corresponde a la parte superior de una arenisca. Permeabilidad alta. 25-30m. Arenisca sana con granos de basalto, cuarzo y otros de coloración rojiza. Aparenta permeabilidad media.	Ne (m.b.n.s): sin información T (m ² /d): S: Q (lt/s): Rejilla (m): 17-30 Profundidad (m):30	

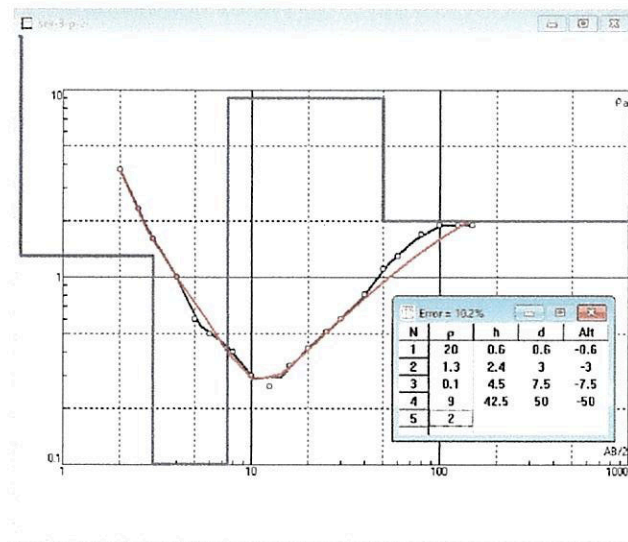
ANEXO 3
Curvas de resistividad

PERFIL 2

SEV-1-PERFIL 2

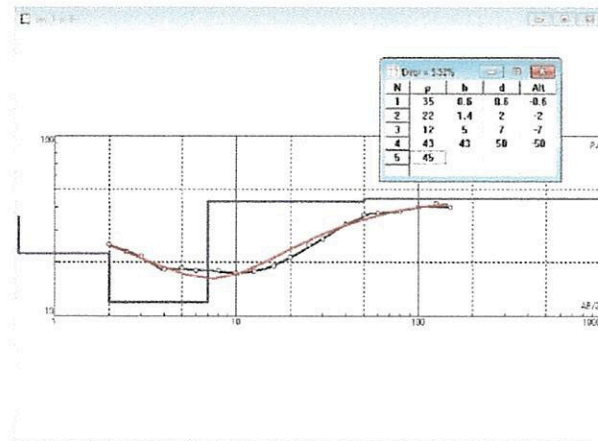


SEV-3-PERFIL 2

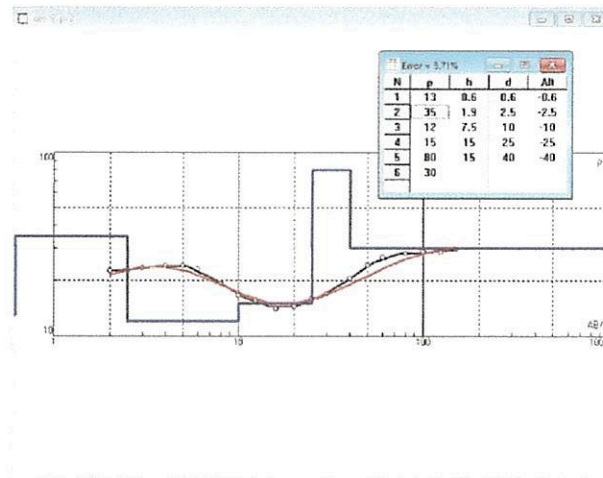


PERFIL 3

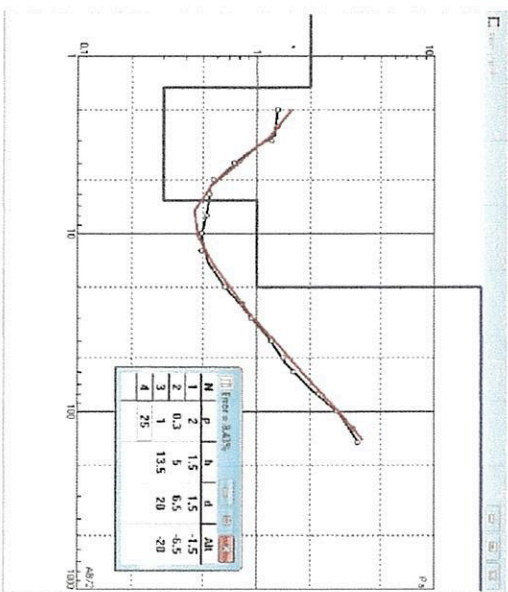
SEV-1-PERFIL 3



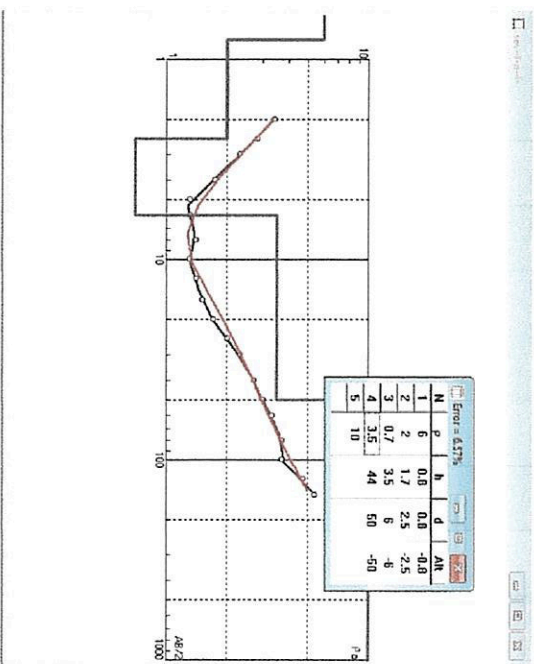
SEV-3-PERFIL 3



SEV-1-PERFIL 4

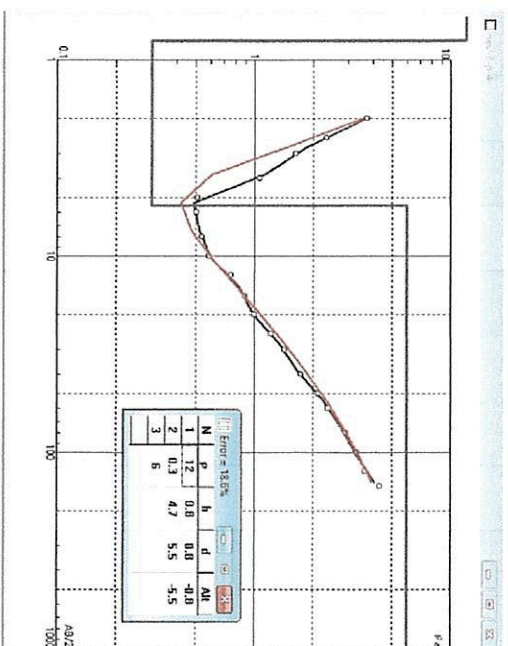


SEV-4-PERFIL 4

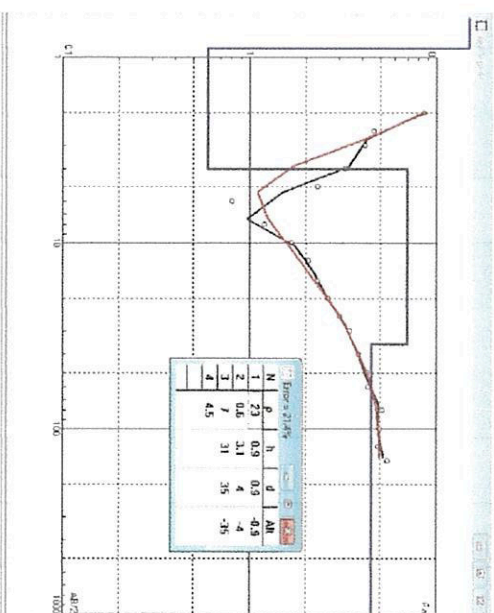


PERFIL 4

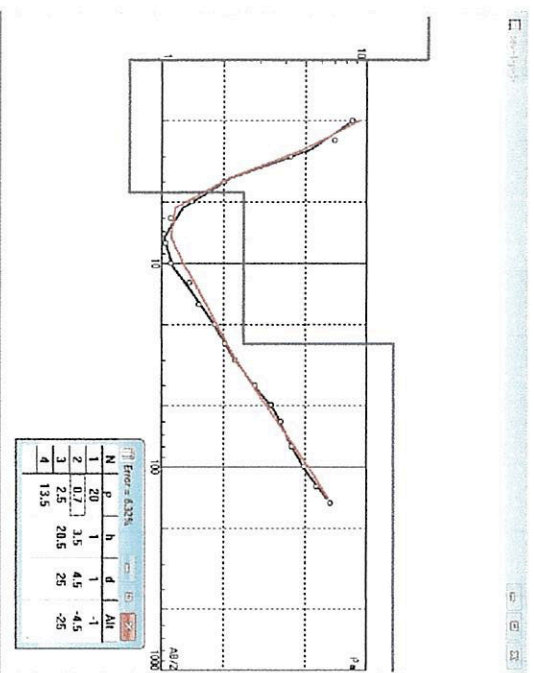
SEV-3-PERFIL 4



SEV-5-PERFIL 4

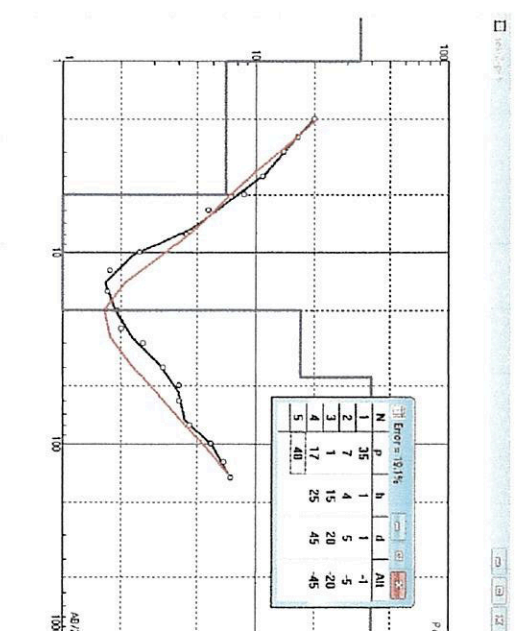


SEV-1-PERFIL 5

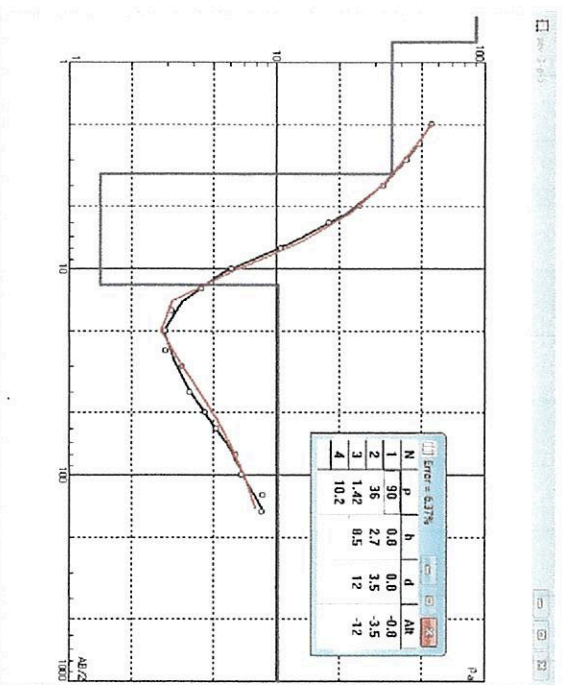


PERFIL 5

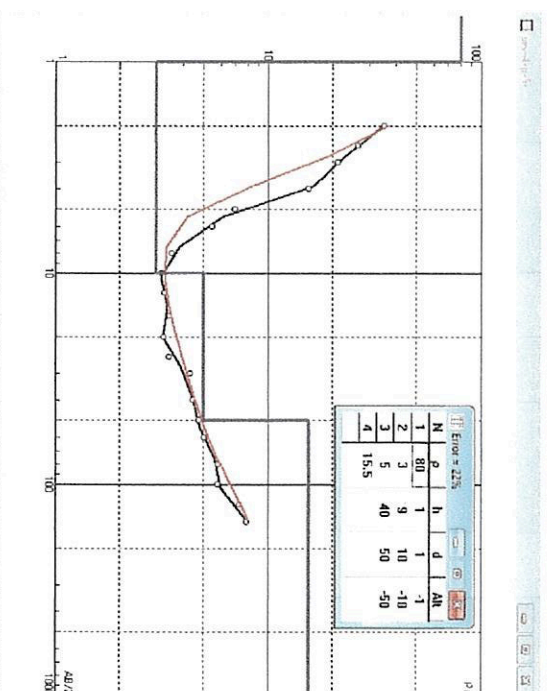
SEV-2-PERFIL 5



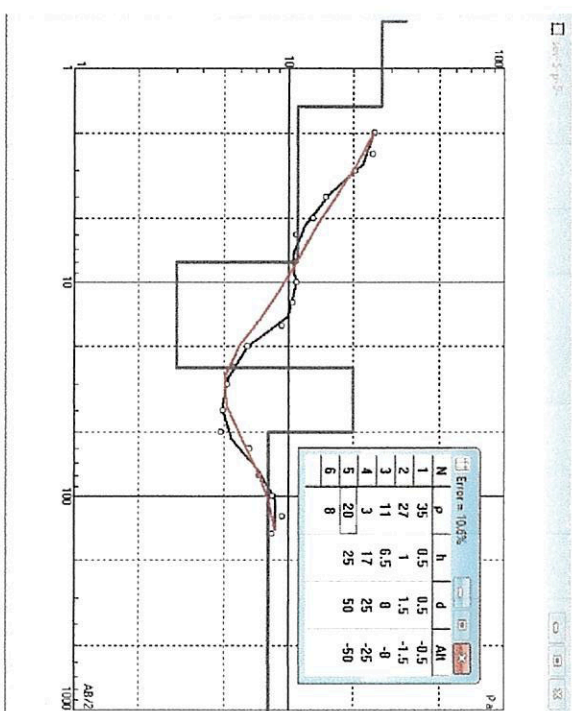
SEV-3-PERFIL 5



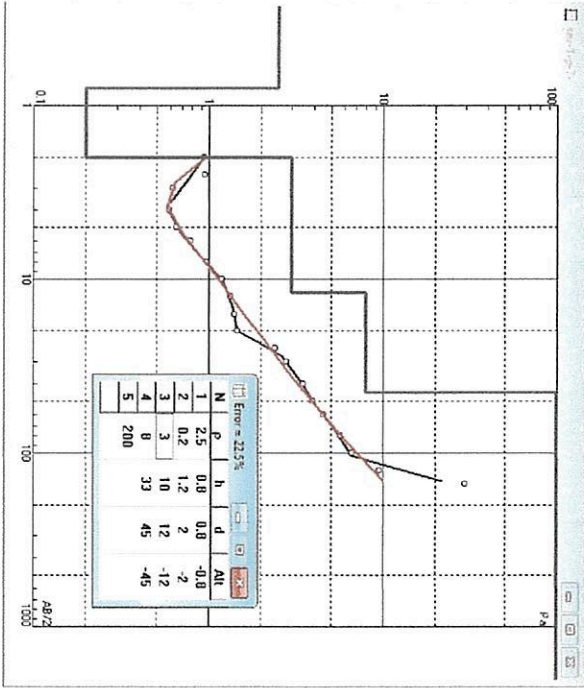
SEV-4-PERFIL 5



SEV-5-PERFIL 5

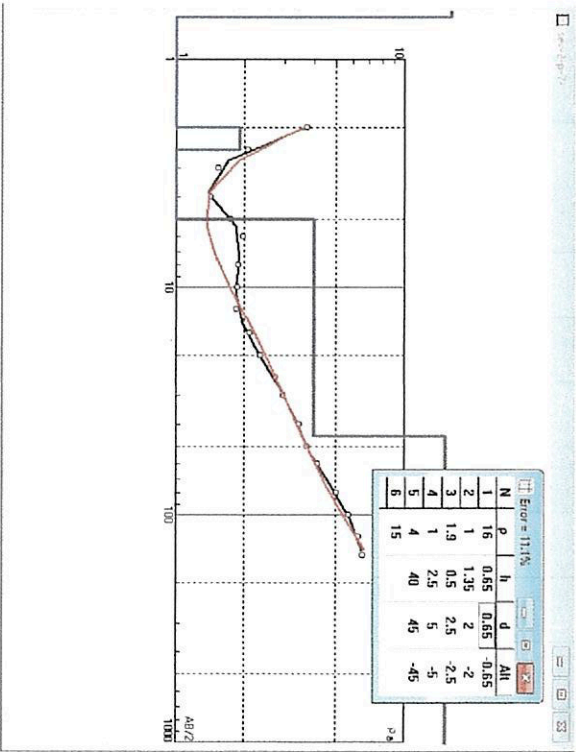


SEV-1-PERFIL 7

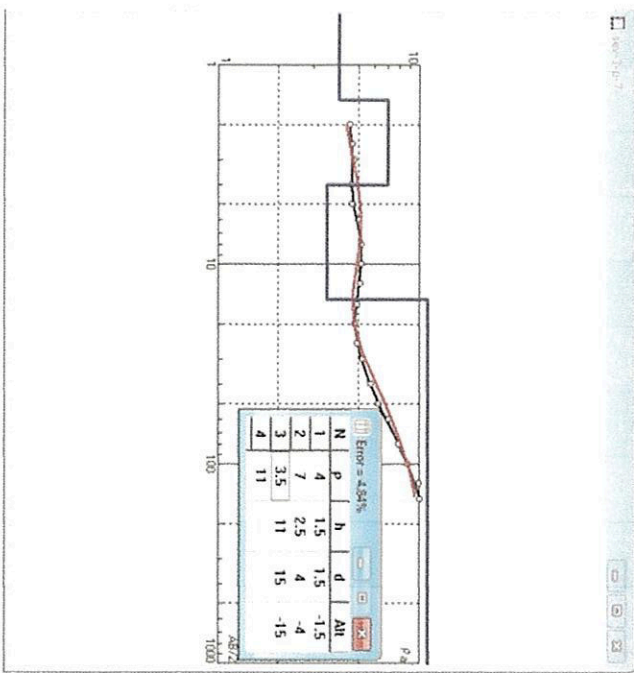


PERFIL 7

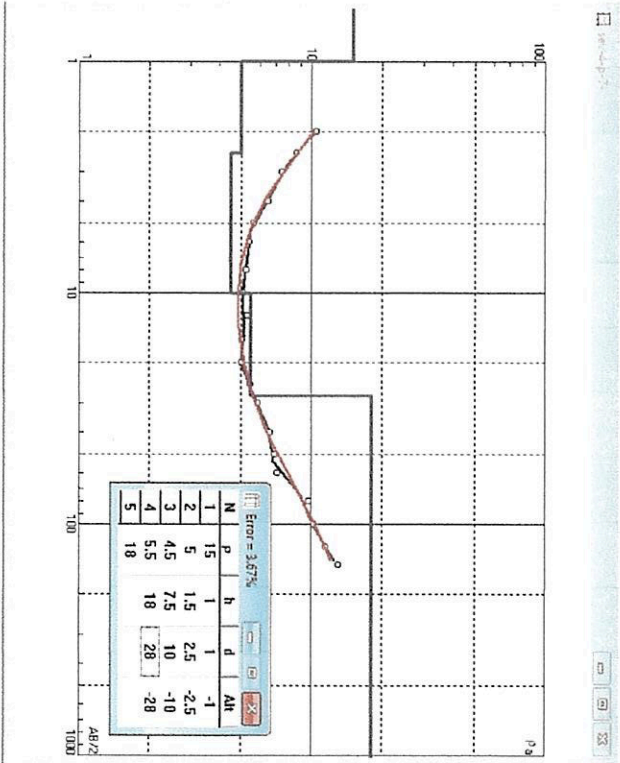
SEV-2-PERFIL 7



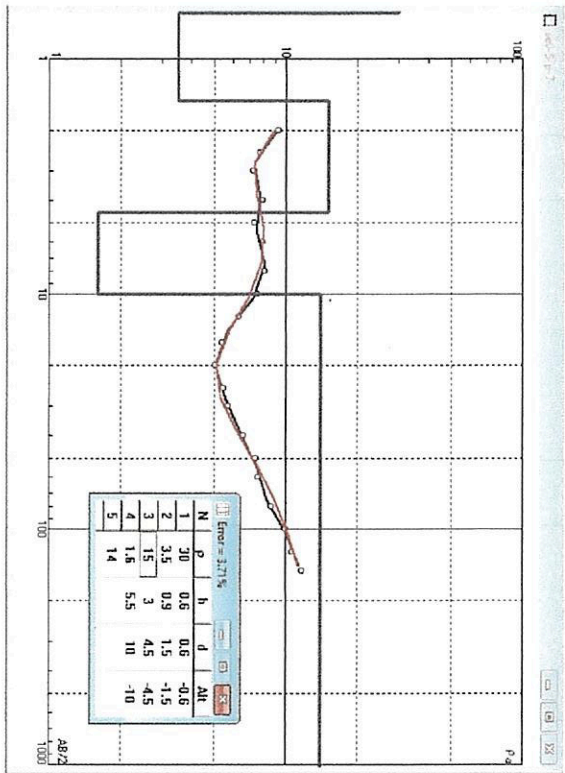
SEV-3-PERFIL 7



SEV-4-PERFIL 7

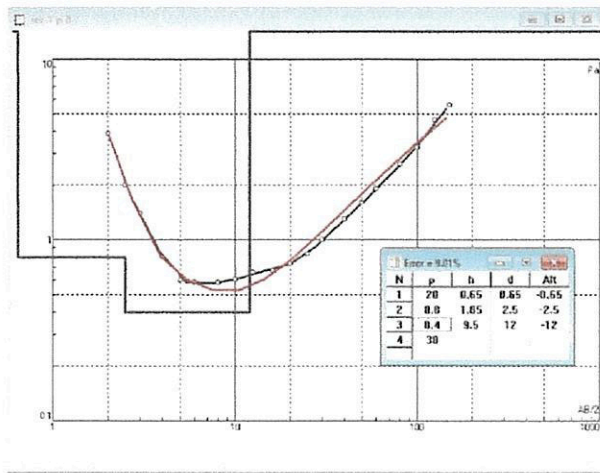


SEV-5-PERFIL 7

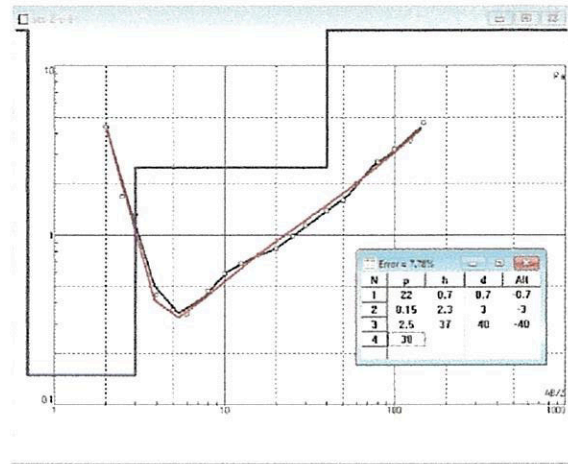


PERFIL 8

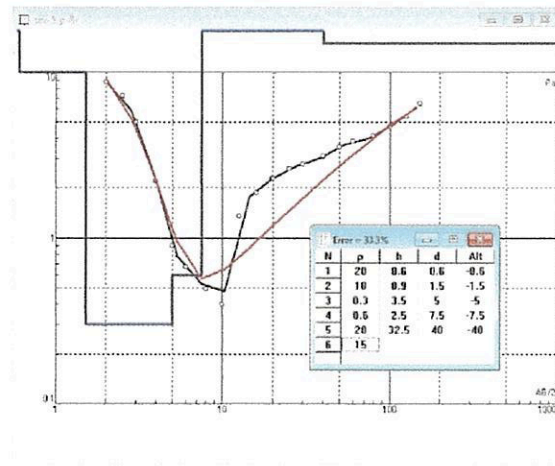
SEV-1-PERFIL 8



SEV-2-PERFIL 8

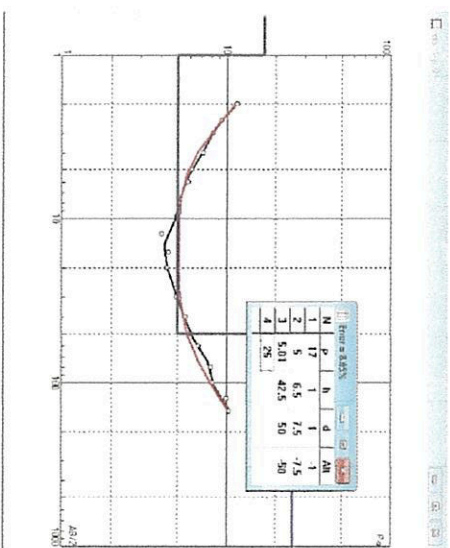


SEV-5-PERFIL 8

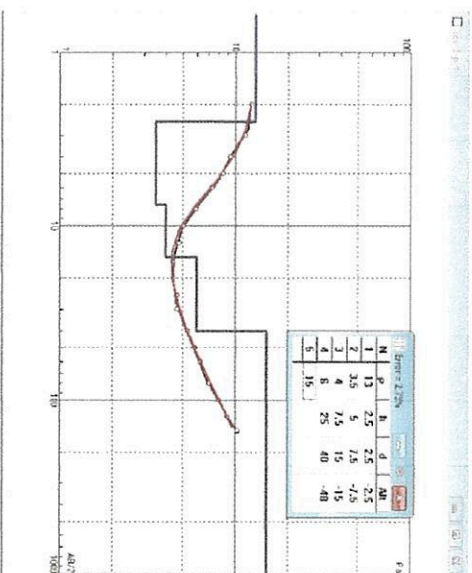


PERFIL 9

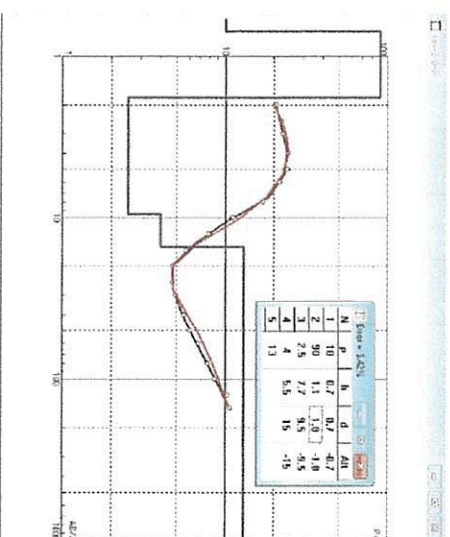
SEV-1-PERFIL 9



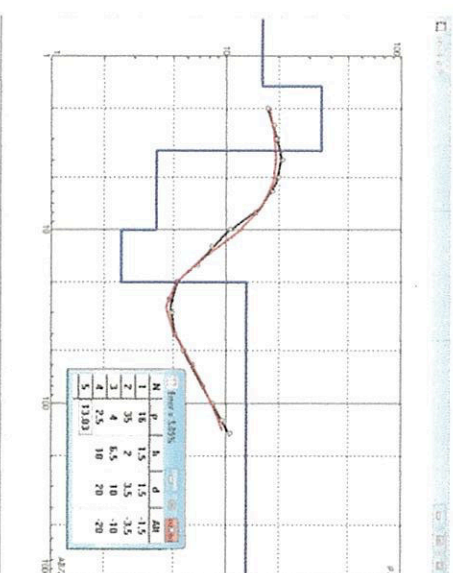
SEV-3-PERFIL 9



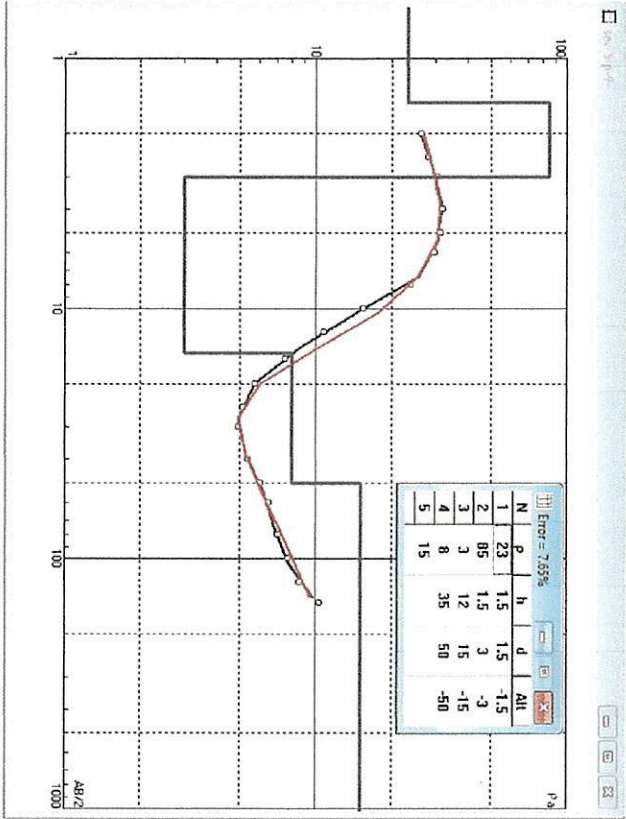
SEV-2-PERFIL 9



SEV-4-PERFIL 9

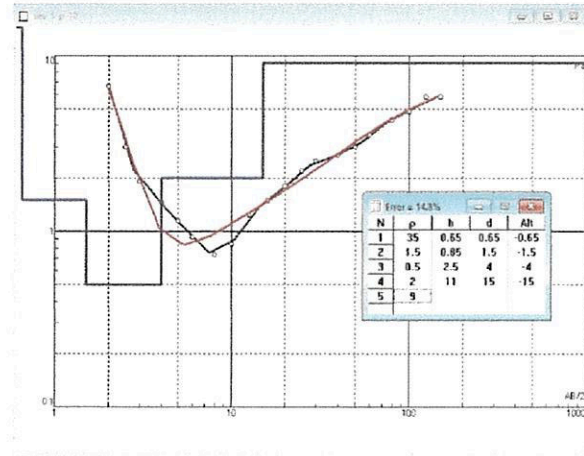


SEV-5-PERFIL 9

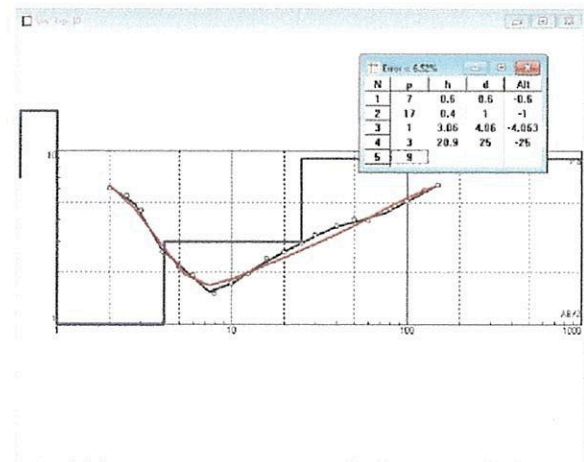


PERFIL 10

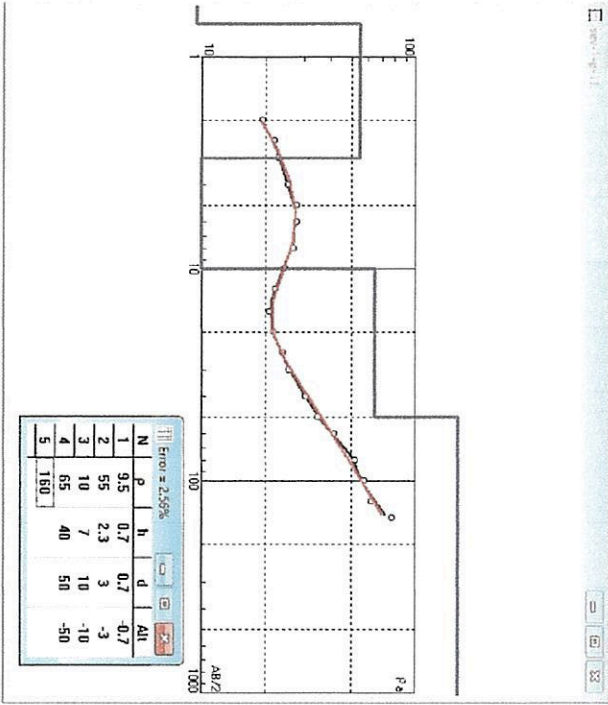
SEV-1-PERFIL 10



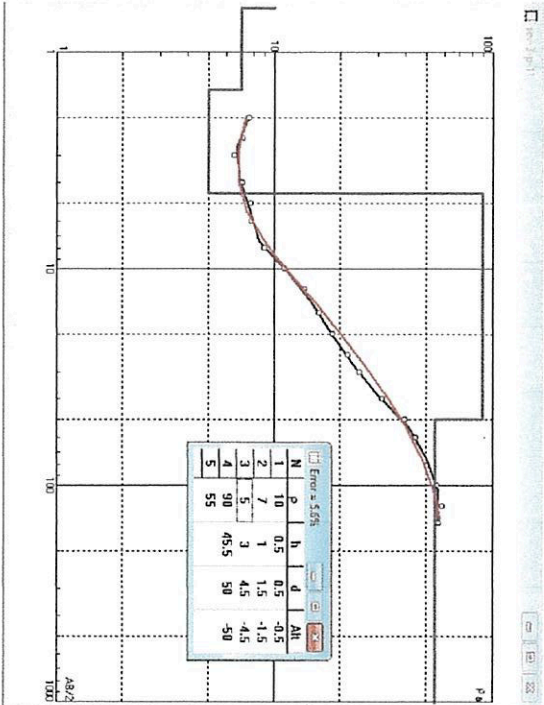
SEV-3-PERFIL 10



SEV-1-PERFIL 11

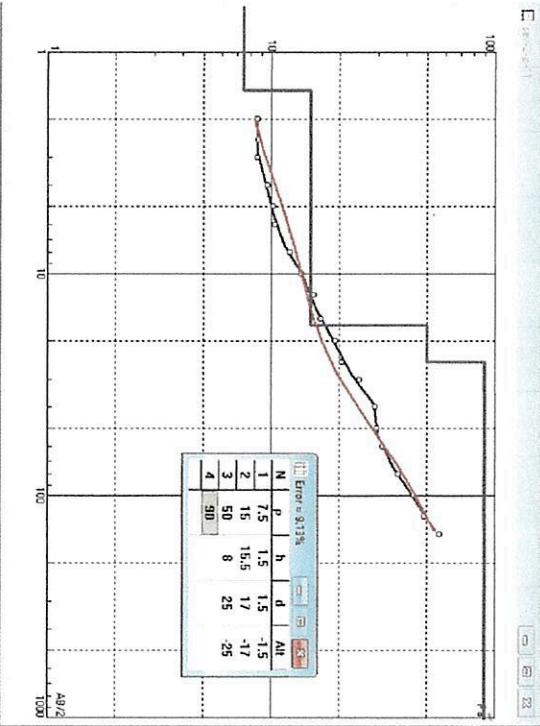


SEV-3-PERFIL 11

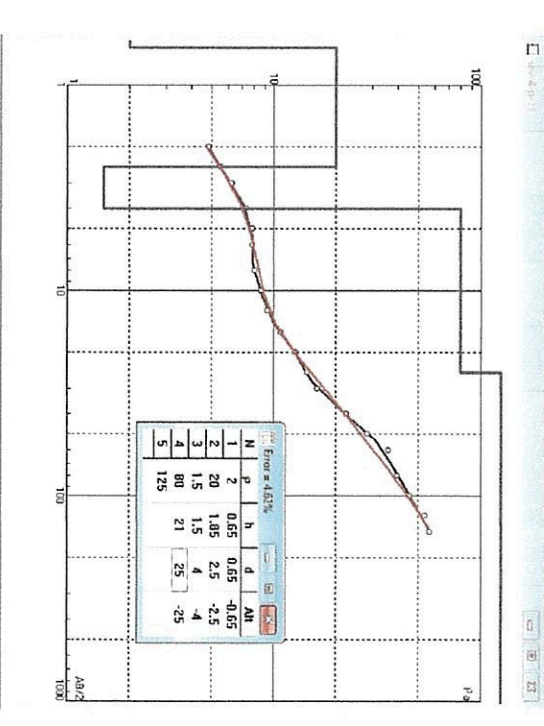


PERFIL 11

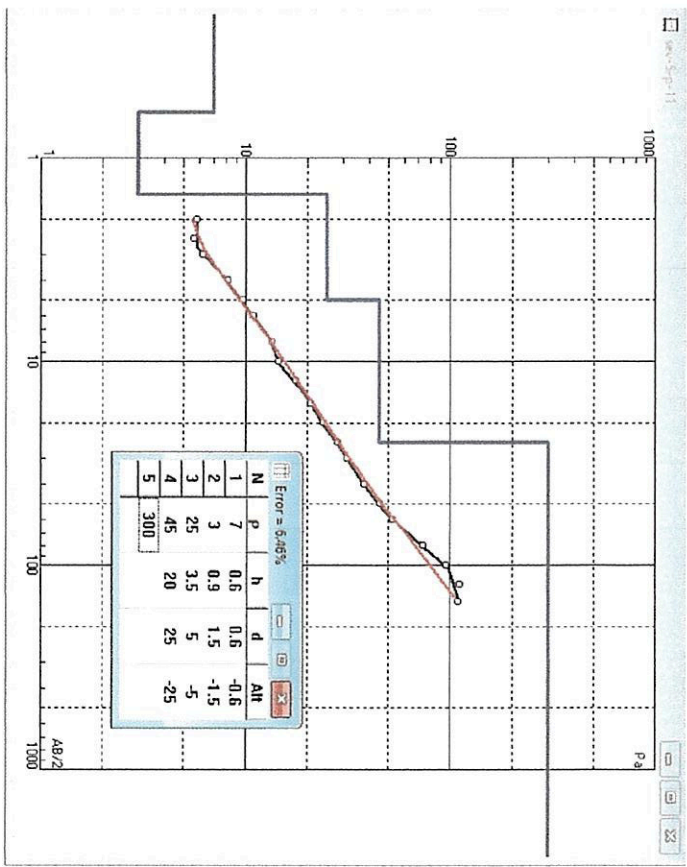
SEV-2-PERFIL 11



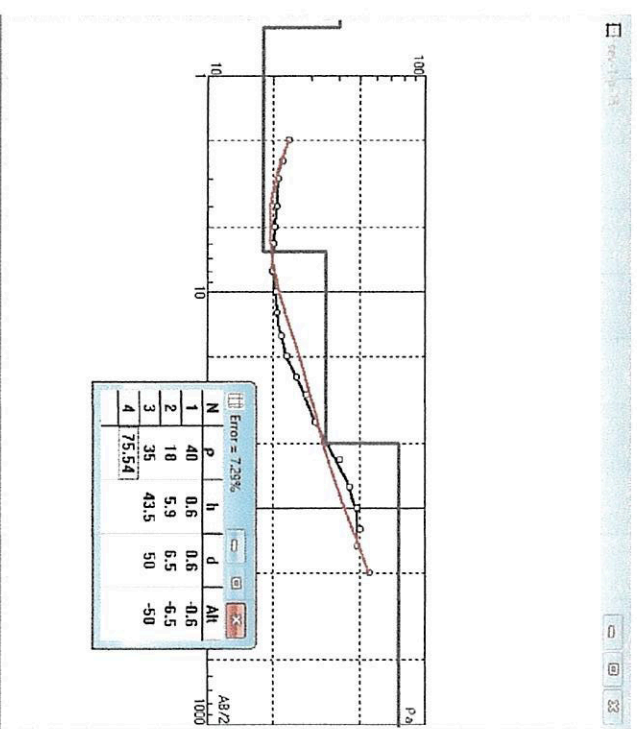
SEV-4-PERFIL 11



SEV-5-PERFIL 11

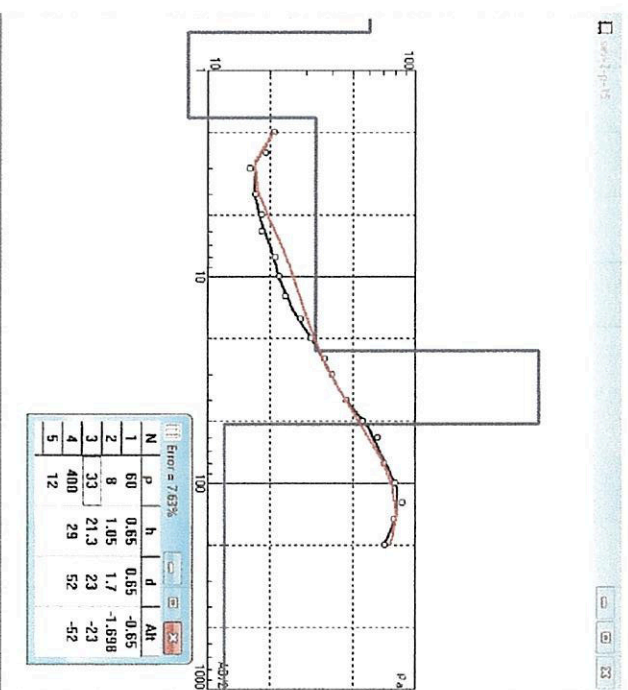


SEV-1-PERFIL 15

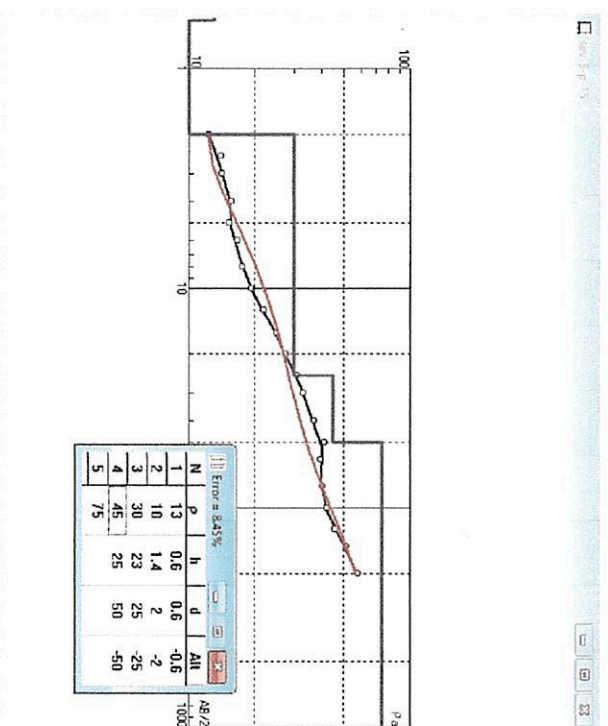


PERFIL 15

SEV-2-PERFIL 15

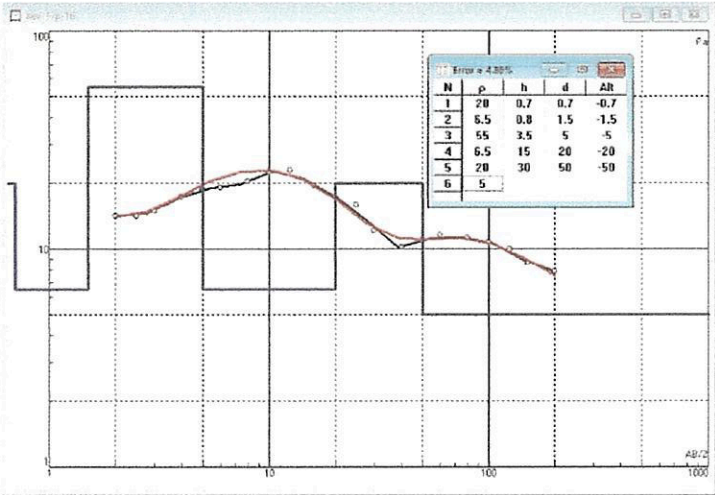


SEV-3-PERFIL 15

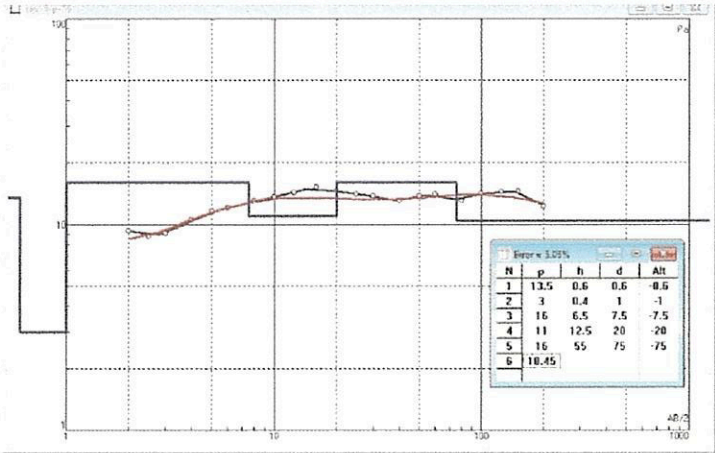


PERFIL 16

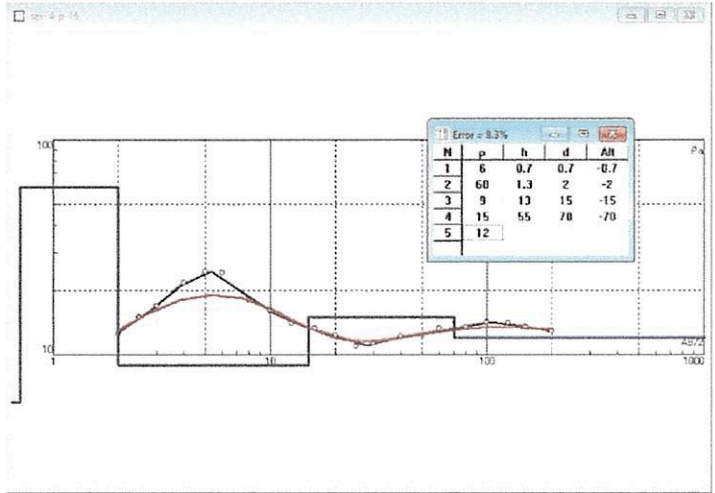
SEV-1-PERFIL 16



SEV-3-PERFIL 16

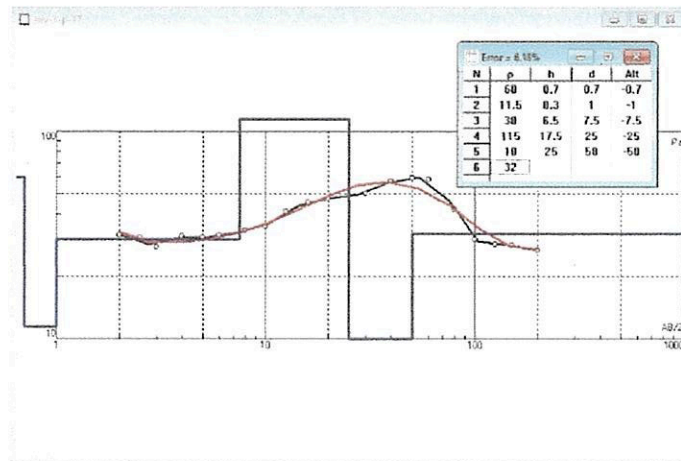


SEV-4-PERFIL 16

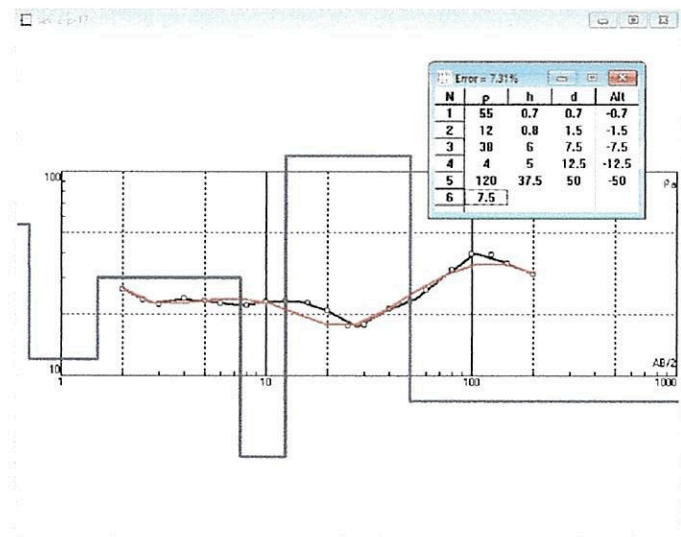


PERFIL 17

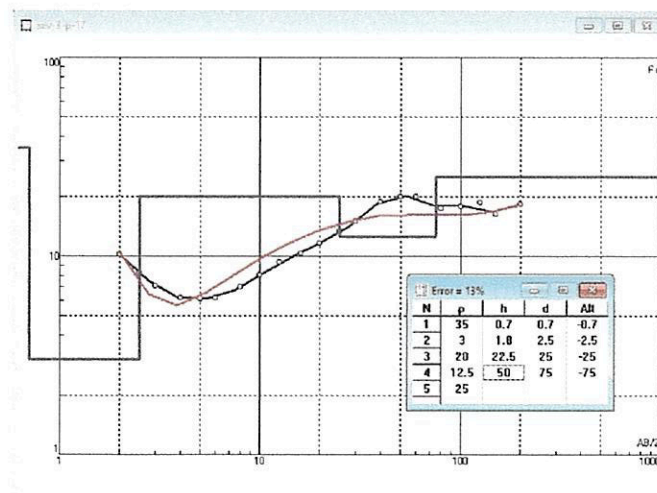
SEV-1-PERFIL 17



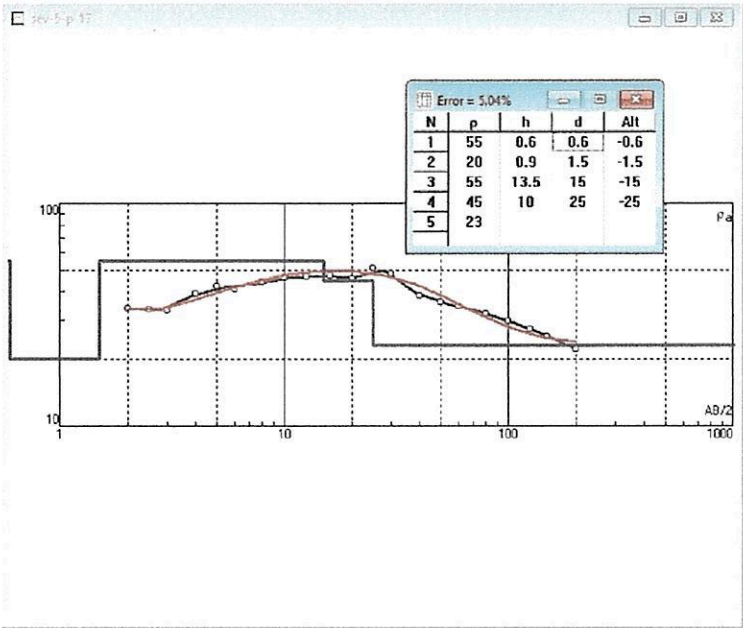
SEV-2-PERFIL 17



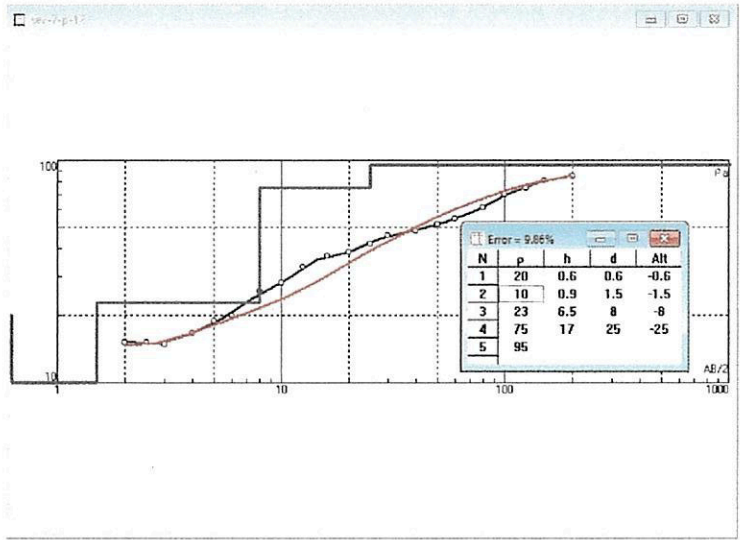
SEV-3-PERFIL 17



SEV-5-PERFIL 17



SEV-7-PERFIL 17

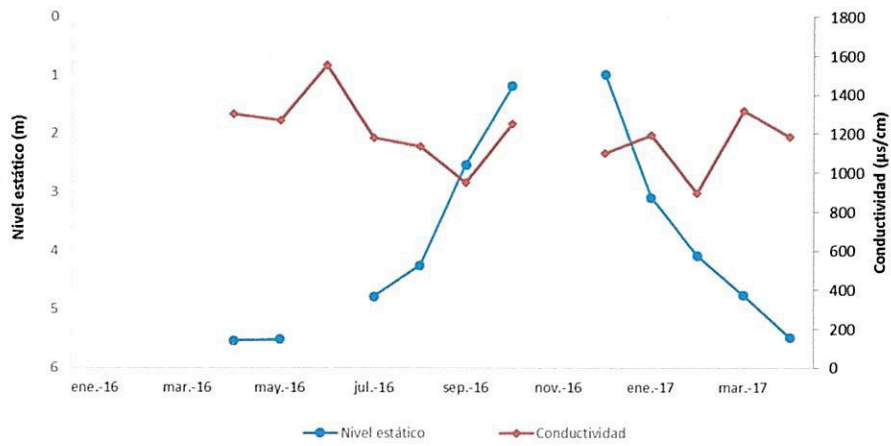


ANEXO 4

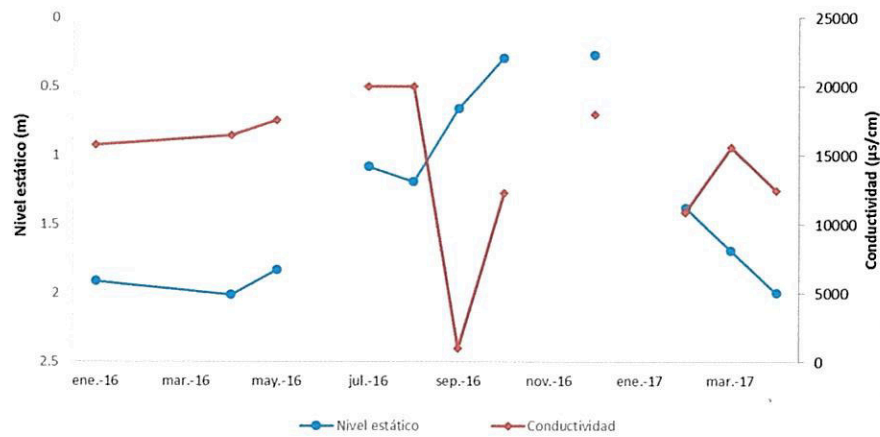
Gráficos de niveles estáticos vrs conductividad

ZONA 1

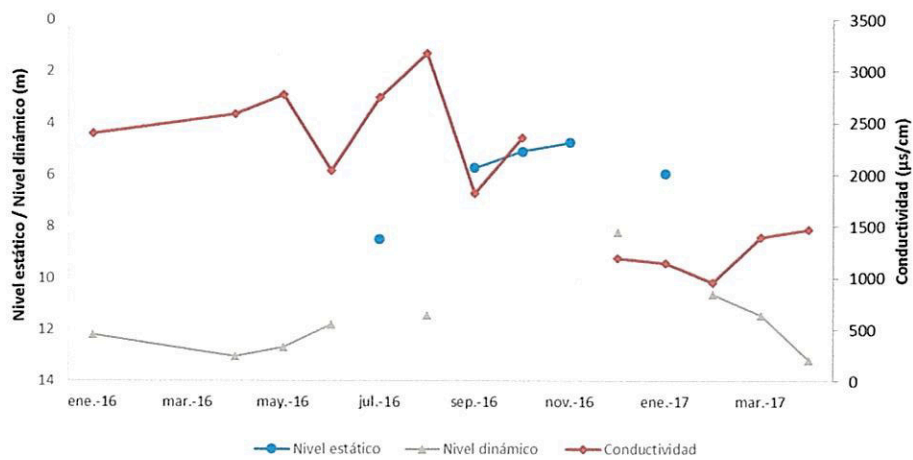
P-16: Pozo Finca Guillermo Carrillo



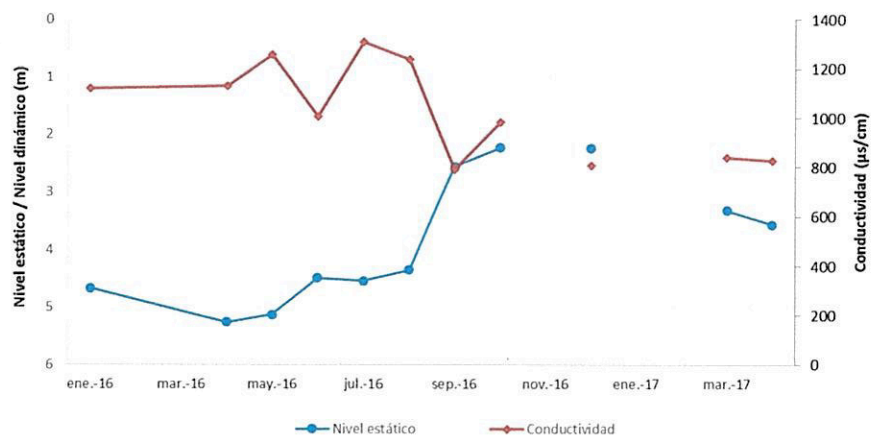
P-17: Pozo Finca Guillermo Carrillo



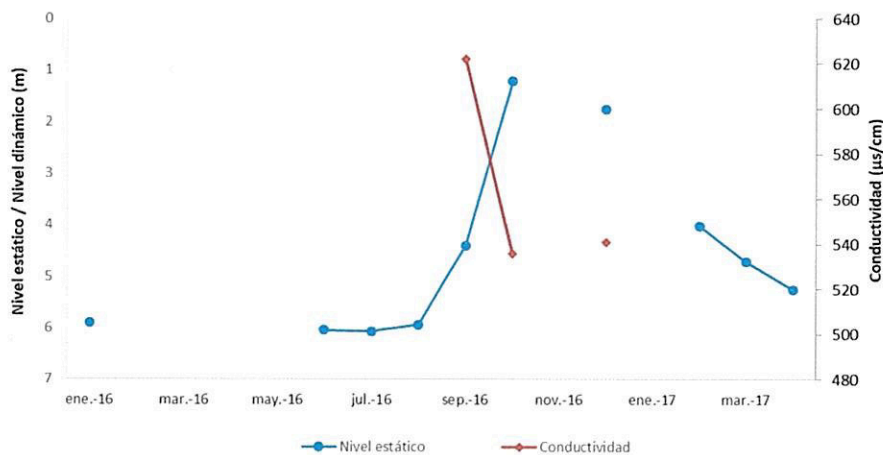
P-18: ASADA Peñas Blancas



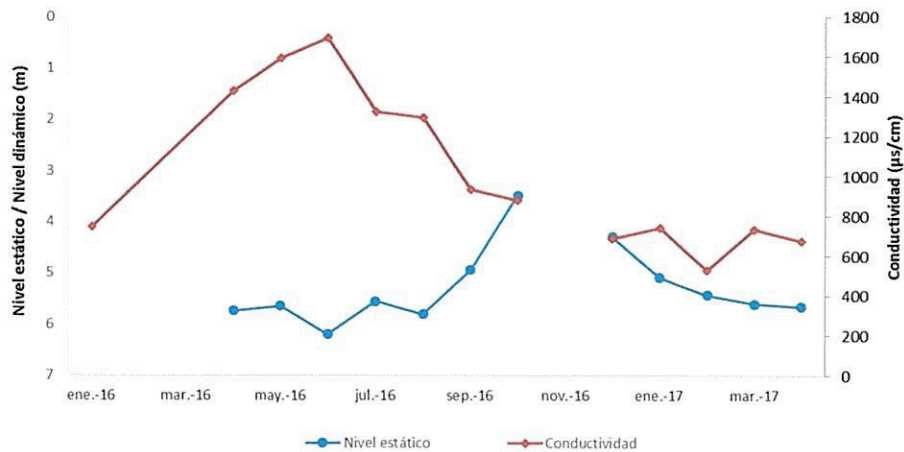
P-19: Pozo Sr. Ramón Tenorio

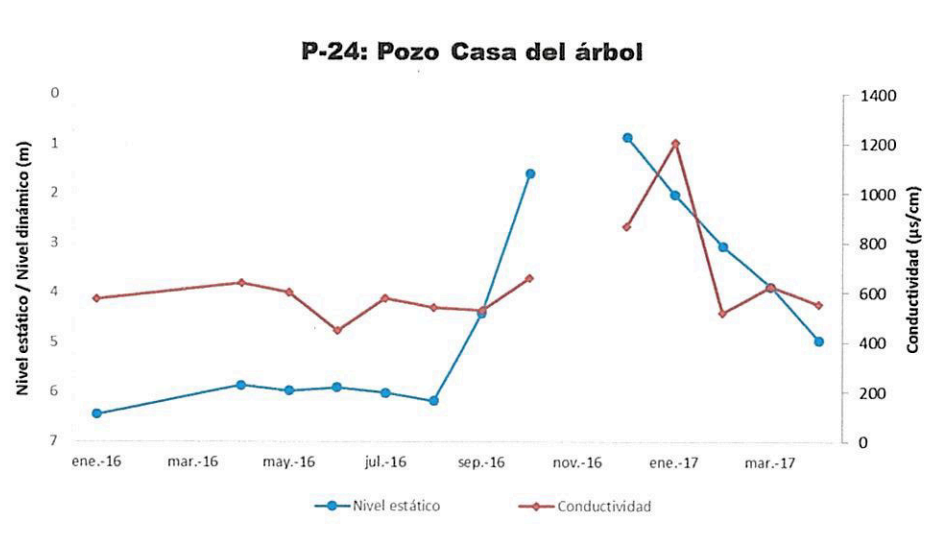
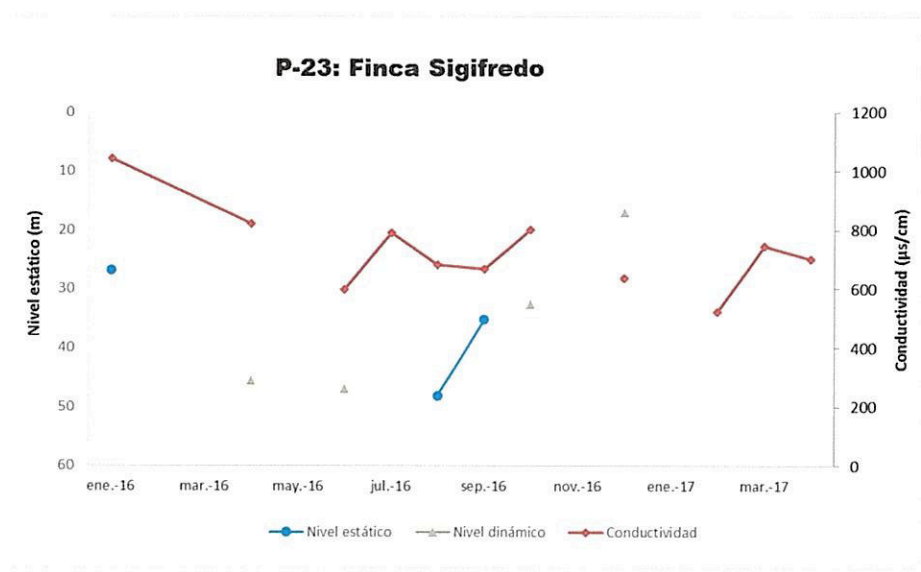
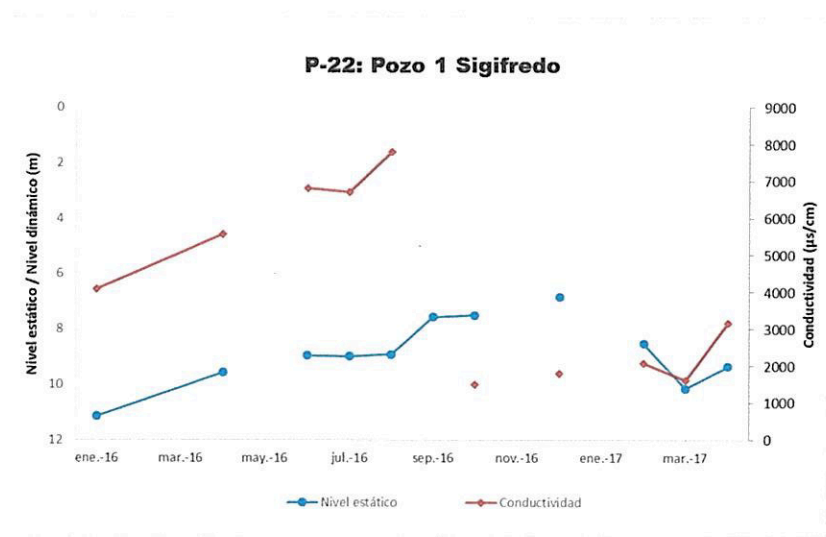


P-20: Pozo Sr. Pedro Serrano 1

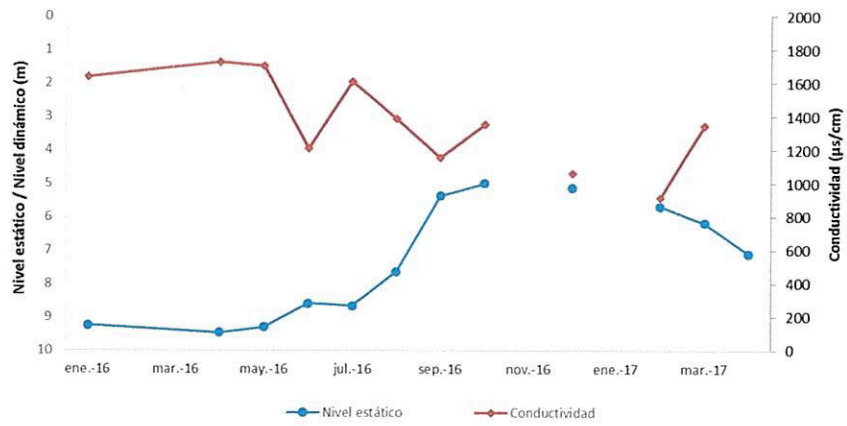


P-21: Pozo Camaronera Cerro Mar

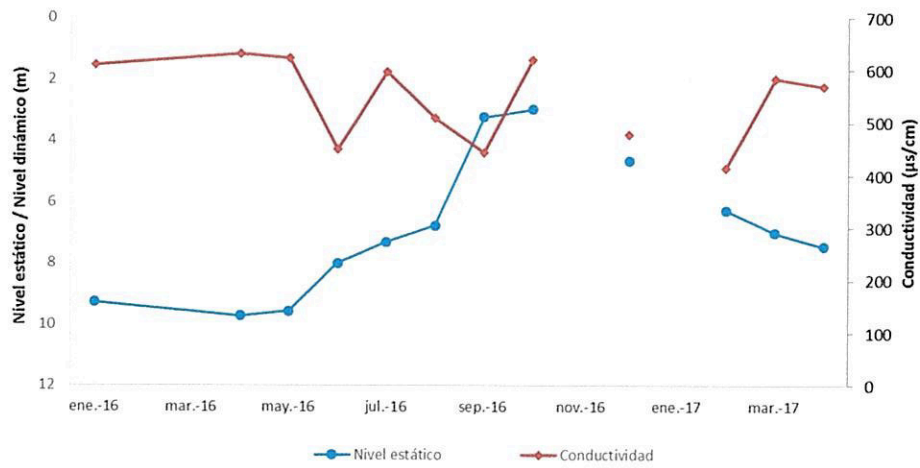




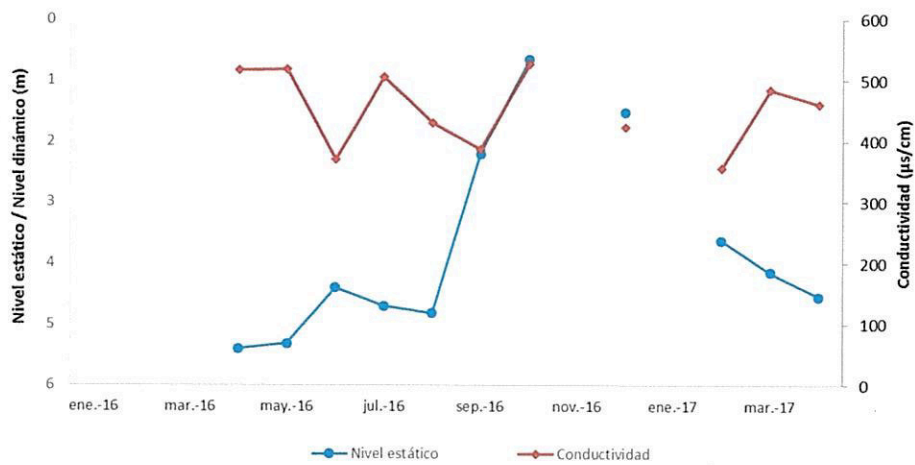
P-26: Pozo Finca Sion Quintavalle



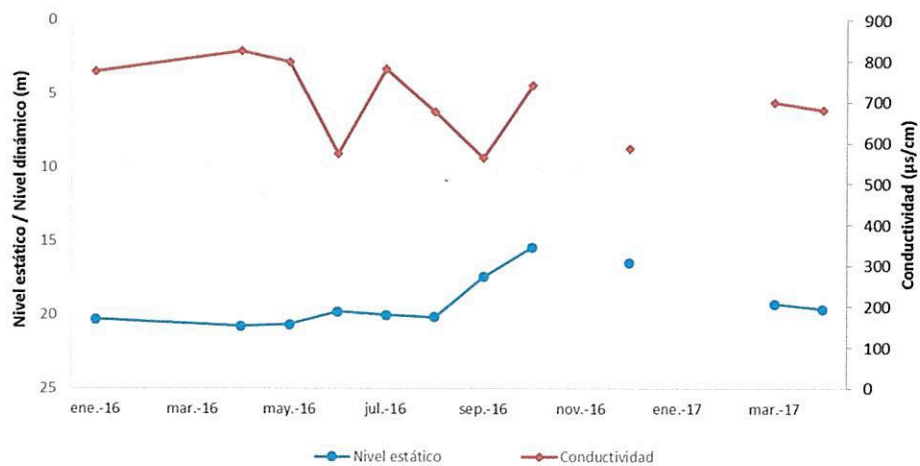
P-28: Pozo Finca Héctor Rojas



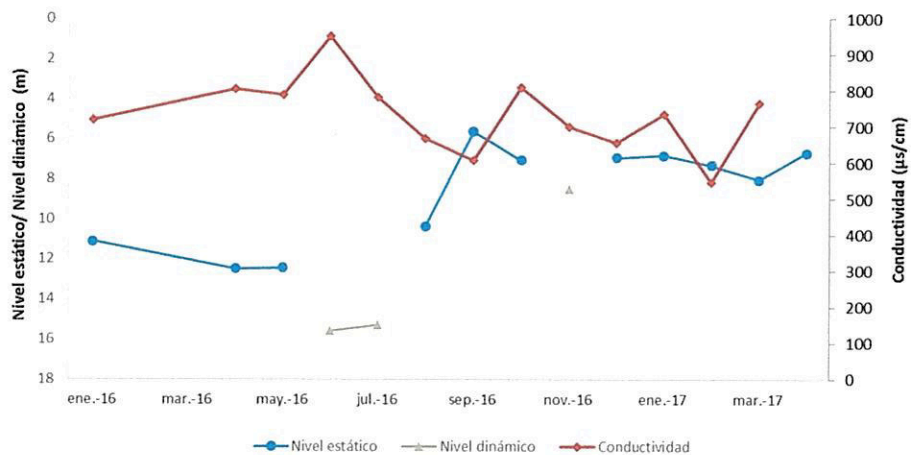
P-29: Pozo Finca Alfredo Gutiérrez



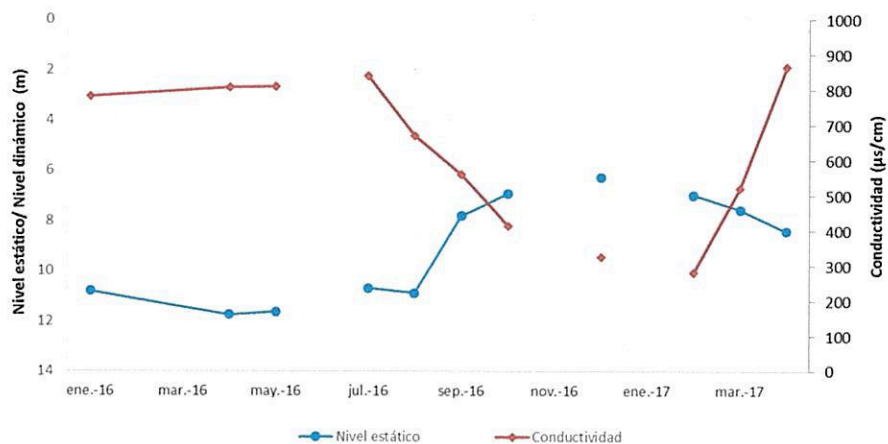
P-30: Pozo Finca Sion Quintavalle

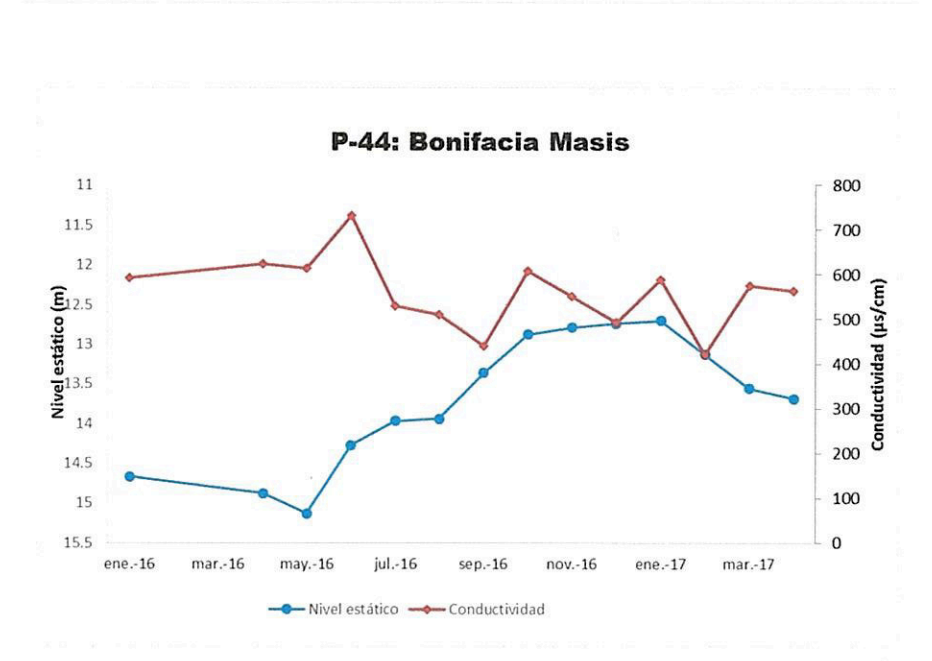
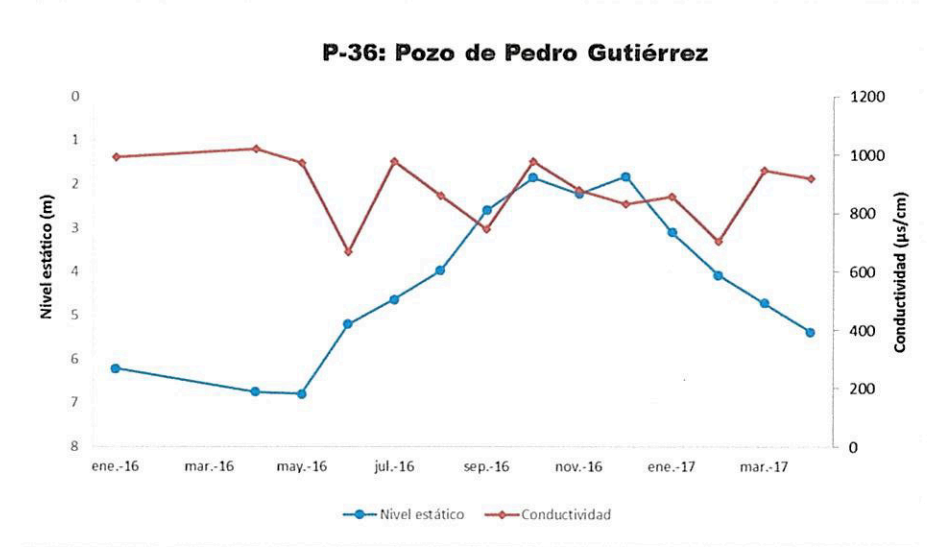
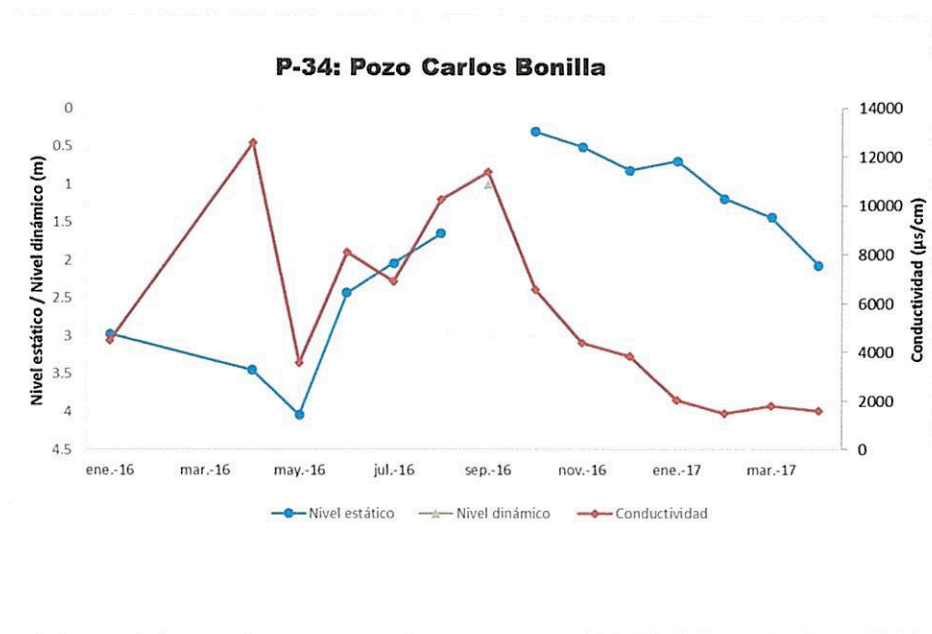


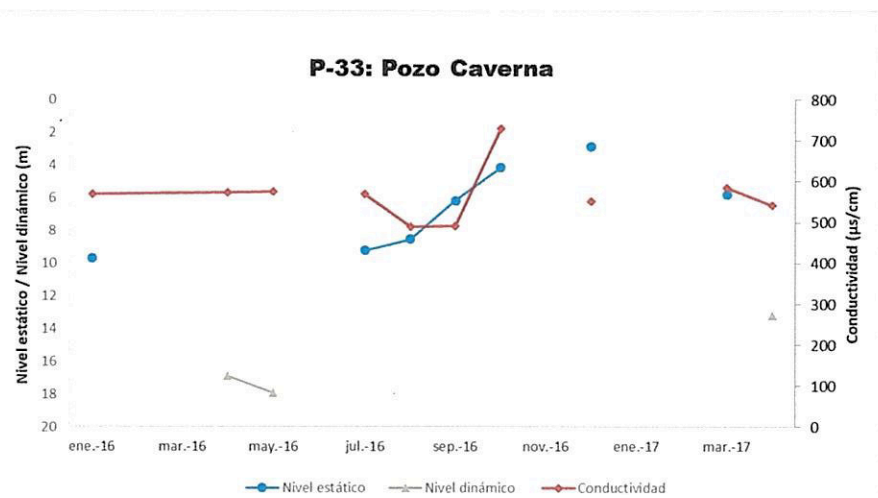
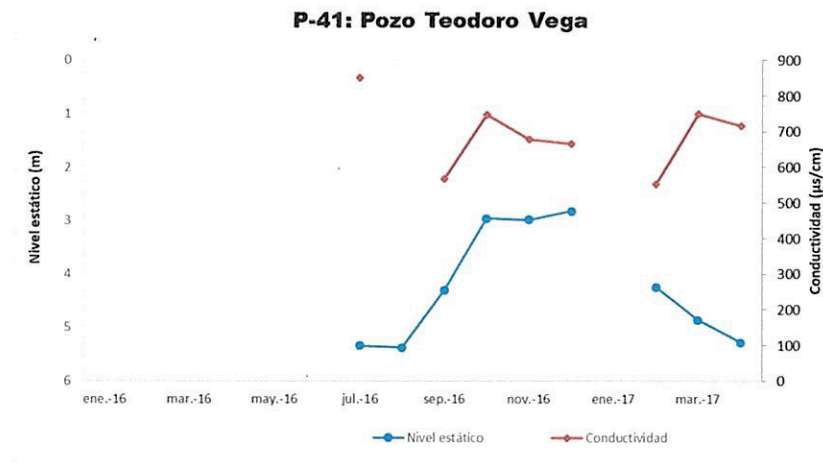
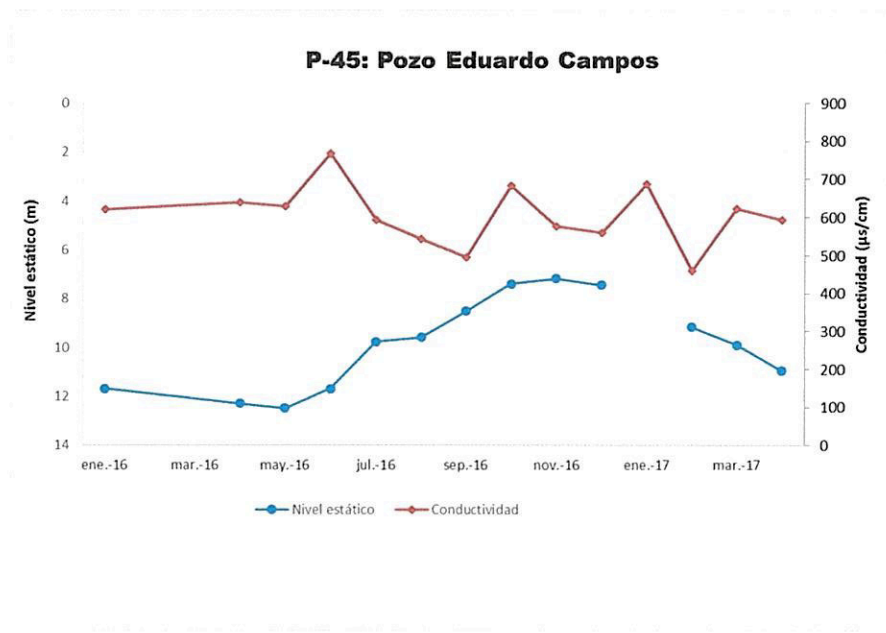
P-31: ASADA San Buenaventura



P-32: ASADA San Buenaventura

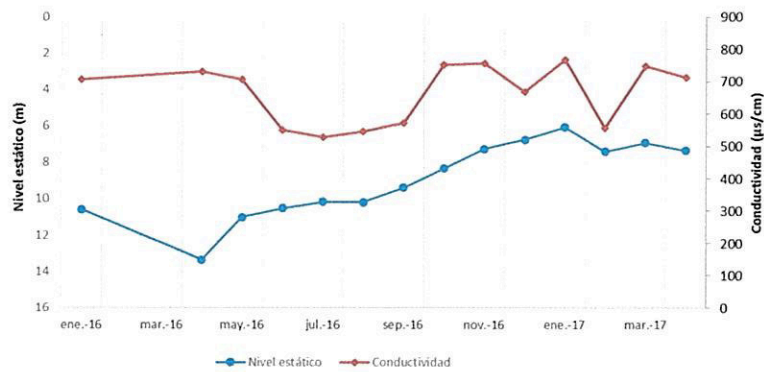




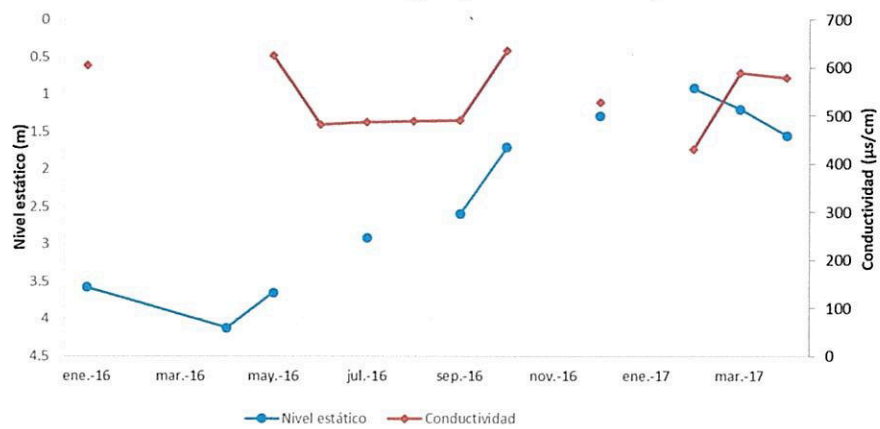


ZONA 2

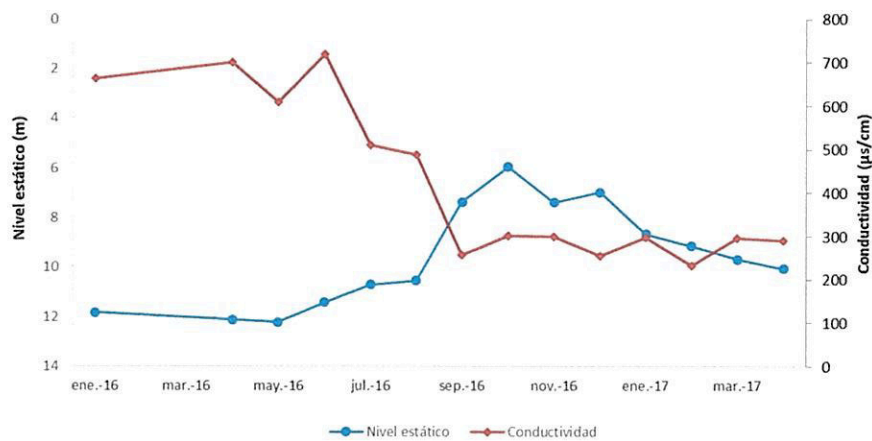
P-4 Pozo Aniseto Trujillo



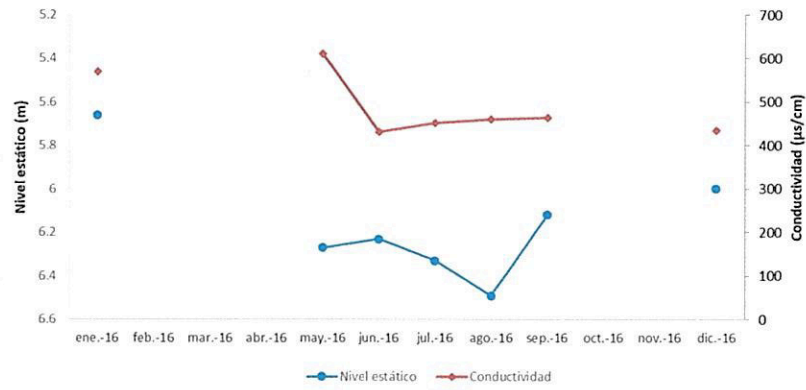
P-5 Pozo Finca Agropecuaria Tropical



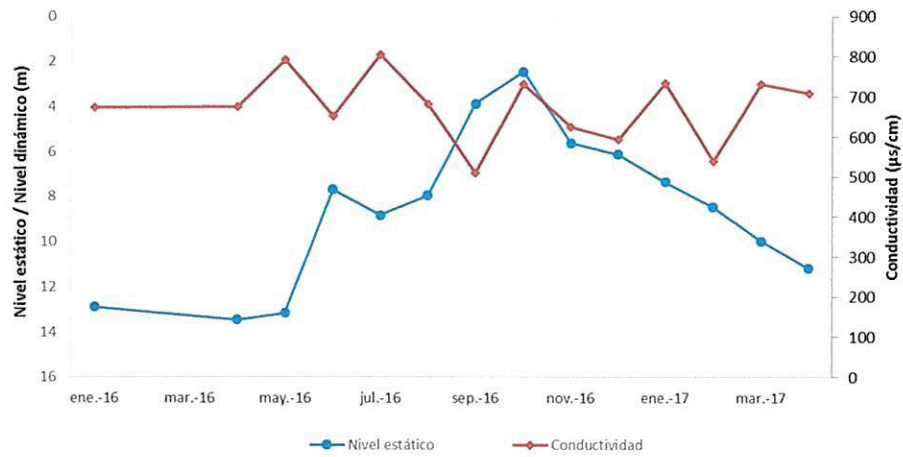
P-11: Finca Sion Quintavalle



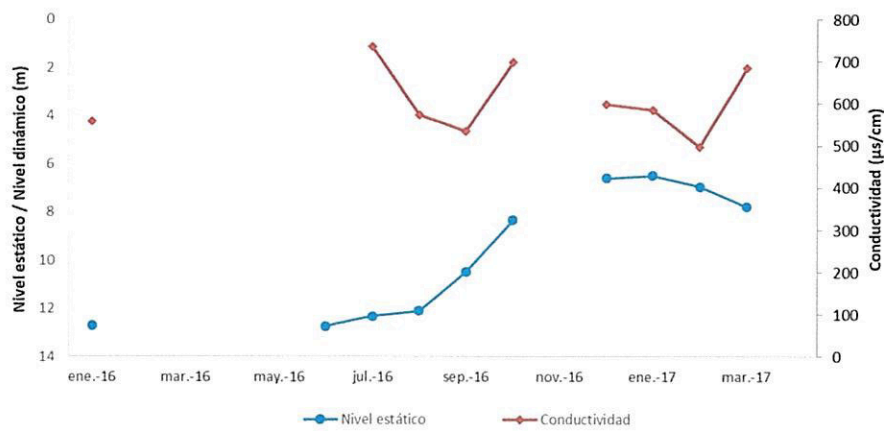
P-12: Pozo Edgar Martínez



P-27: Pozo ASADA San Buenaventura

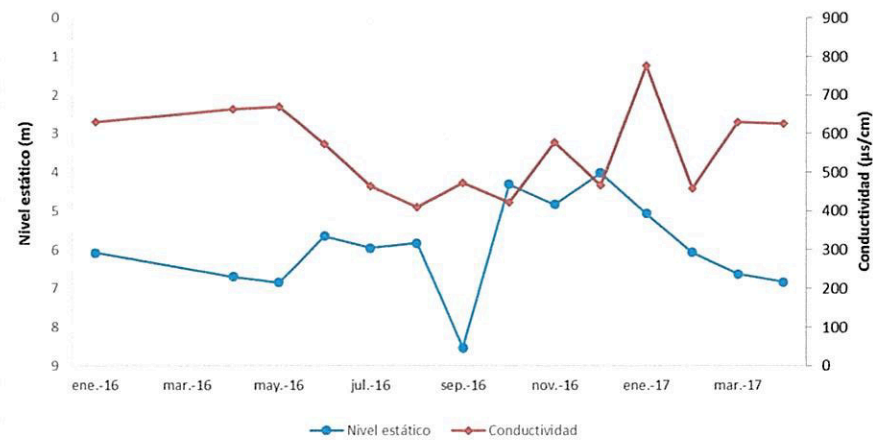


P-35: Pozo Isaías Ruiz

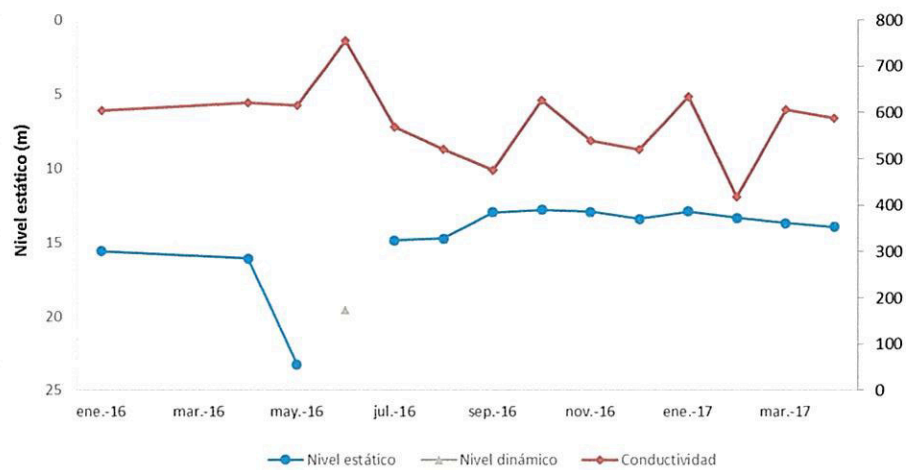


ZONA 3

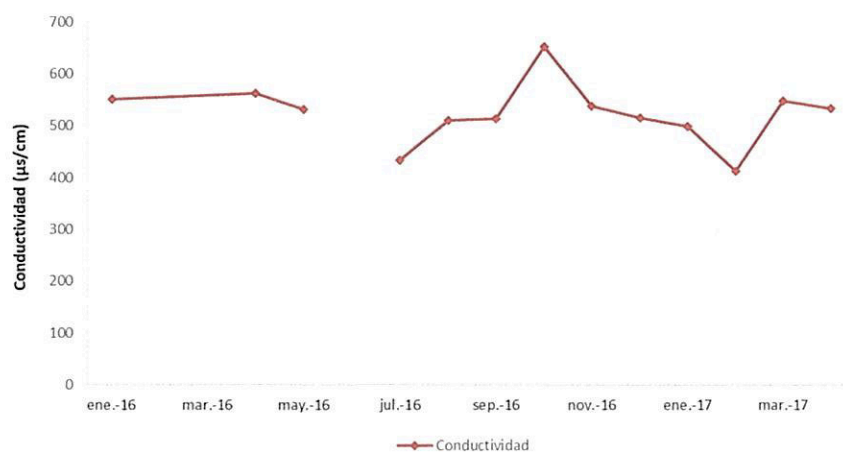
P-6 Pozo ASADA Monte Potrero

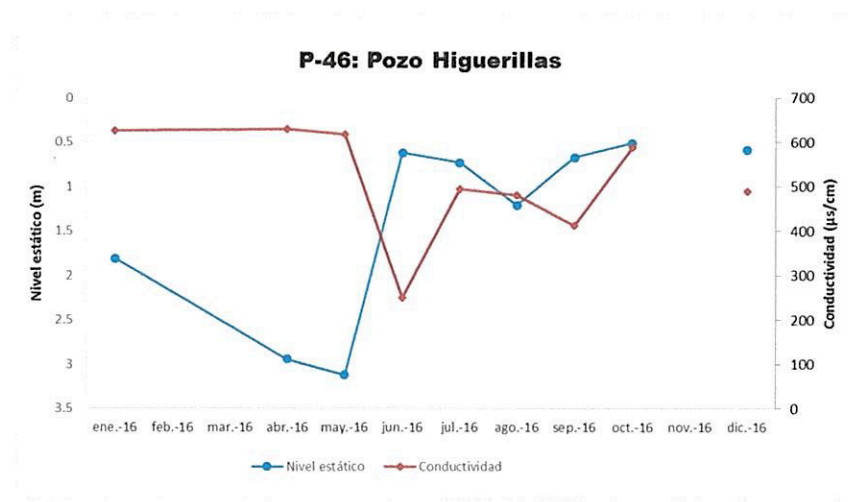
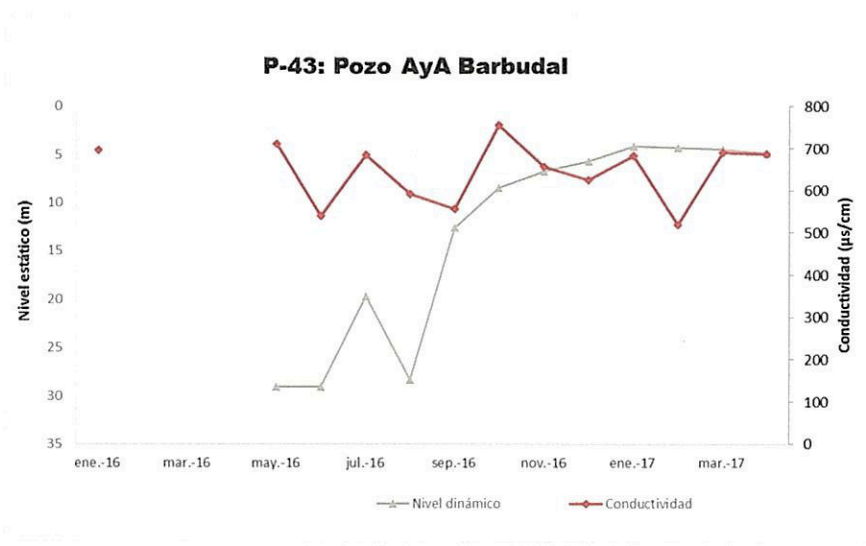
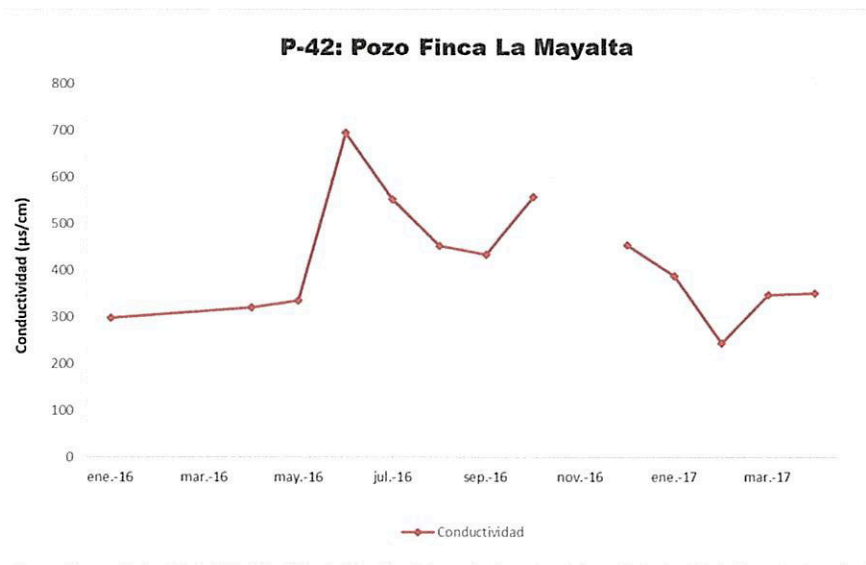


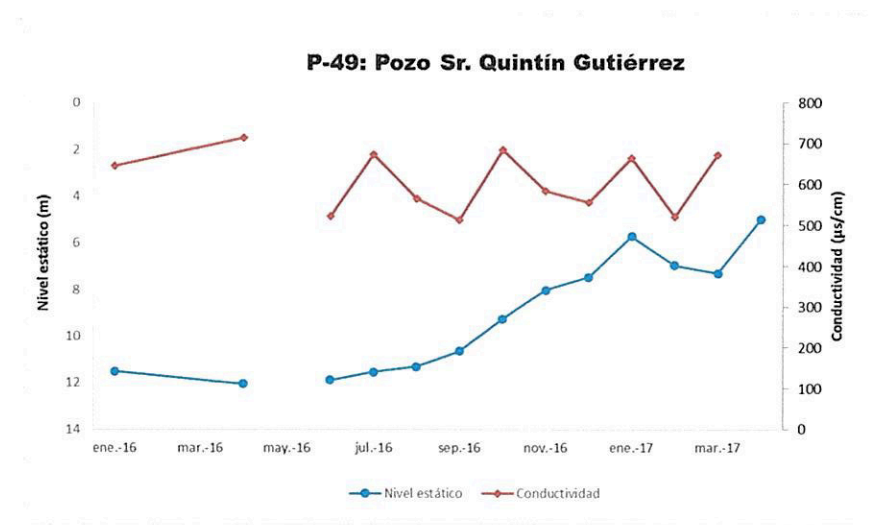
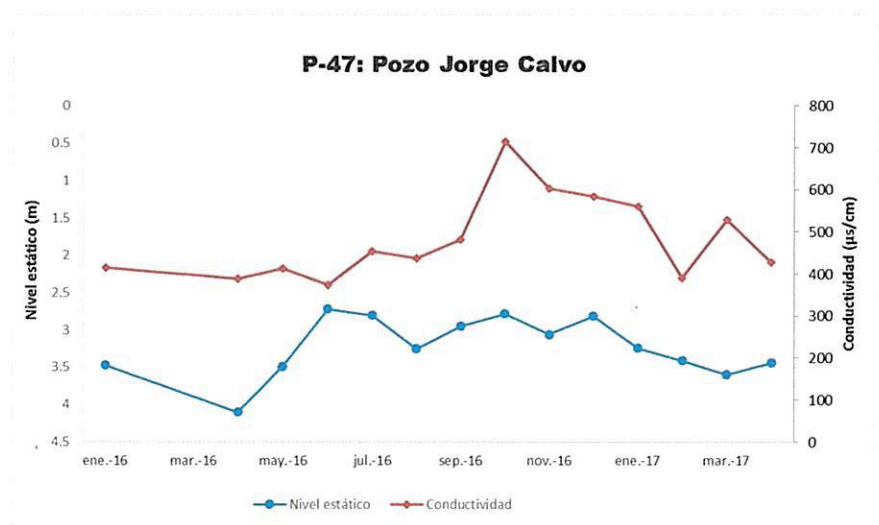
P-37: Pozo de Felipe Umaña



P-38: Pozo Finca Sr. Eduardo Sánchez







ANEXO 5

Análisis físico-químicos

(Reportes del Laboratorio Nacional de Aguas, AyA)



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05718-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e mail: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	14-jun-16
				Fecha de ingreso :	15-jun-16
Muestreo:	P-4 SR. ANICETO TRUJILLO			Fecha de Reporte:	24-jun-16
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:	
				Teléfono:	2242-5012
PROVINCIA:	Lo	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	calderony@aya.go.cr	Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	11:17

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	314	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	6,0	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,38	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	2,0	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	58,0	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	4,76	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	11	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	549	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	145	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	218	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	13,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	17,6	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	3,5	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05718-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	6,87		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Acceptable	Acceptable
Sodio	*	25,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	28,68	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	28,5	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	3,3	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eqa.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Día soleado. La mayoría de los pozos son artesanales, algunos de ASADAS y otros de AyA. Los artesanales están en muy mal estado, los de las ASADAS y AyA en estado regular.

Observaciones:

La concentración de Amonio, no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05713-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA	Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta	Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES	Fecha de muestreo	14-jun-16
		Fecha de ingreso :	15-jun-16
Muestreo:	P-6 POZO EN ASADA MONTE POTRERO	Fecha de Reporte:	24-jun-16
Dirección:	TUBO DE LIMPIEZA	Inicio Análisis MIC:	
PROVINCIA:	Lo	Teléfono:	2242-5012
CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	calderony@aya.go.cr	Fax:	2242-5025
		Hora de recolección:	08:28

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	295	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	8,4	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,29	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,8	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	46,7	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	7,39	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	573	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	117	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	218	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	8,3	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	24,5	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	72,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05713-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	7,75		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Aceptable	Aceptable
Selenio	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	32,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	46,68	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	28,9	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	3,1	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** **Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Día soleado. La mayoría de los pozos son artesanales, algunos de ASADAS y otros de AyA. Los artesanales están en muy mal estado, los de las ASADAS y AyA en estado regular.

Observaciones:

La concentración de Amonio, no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05786-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	15-jun-16
				Fecha de ingreso :	16-jun-16
Muestreo:	P-11 QUINTA VALLE			Fecha de Reporte:	24-jun-16
Dirección:	DENTRO DEL POZO			Inicio Análisis MIC:	
				Teléfono:	2242-5012
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	calderony@aya.go.cr	Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	09:30

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	236	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	179,1	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,3	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	51,6	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	9,69	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	11,5	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	27	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	544	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	129	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	175	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	0,31	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	105,5	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	11,3	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	196,3	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	38,06	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.		.		2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05786-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e mail: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
pH	*	6,56		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	1,5	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.		.		2160 B	Acceptable	Acceptable
Selenio	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	11,9	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	15,12	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,5	°C	0,10	.		2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	4,46	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	40,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** **Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Día soleado. Pozos artesanales, de ASADAS y de AyA. Los pozos artesanales en casas de habitación están en mal estado. Los pozos de las ASADAS están en mal estado de protección y mantenimiento. El pozo de AyA está con la cerca de protección en mal estado y con agua estancada al lado.

Observaciones:

El nivel de Color Aparente, no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05787-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	15-jun-16
Muestreo:	P-16 POZO SR. GUILLERMO CARRILLO DURÁN			Fecha de ingreso :	16-jun-16
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Fecha de Reporte:	24-jun-16
				Inicio Análisis MIC:	
				Teléfono:	2242-5012
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	calderony@aya.go.cr	Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	10:05

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	301	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	10,4	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	2,65	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,3	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	135,4	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	244,86	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Color Aparente	*	6	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	1554	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	339	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	443	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	0,26	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	16,0	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	25,5	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	24,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	13,50	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	6,75		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05787-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e mail: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	1,6	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.		.		2160 B	Acceptable	Acceptable
Selenio	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	40,3	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	436,32	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,4	°C	0,10	.		2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,36	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	5,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Día soleado. Pozos artesanales, de ASADAS y de AyA. Los pozos artesanales en casas de habitación están en mal estado. Los pozos de las ASADAS están en mal estado de protección y mantenimiento. El pozo de AyA está con la cerca de protección en mal estado y con agua estancada al lado.

Observaciones:

Las concentraciones de Amonio y Sulfatos, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05721-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	14-jun-16
				Fecha de ingreso :	15-jun-16
Muestreo:	P-18 ASADA PEÑAS BLANCAS			Fecha de Reporte:	24-jun-16
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:	
				Teléfono:	2242-5012
PROVINCIA:	Lo	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	calderony@aya.go.cr	Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	13:40

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	180	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	8,5	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,28	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,5	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	244,2	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	954,69	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	2040	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	611	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	733	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	6,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	29,9	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	3,22	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05721-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	6,67		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Aceptable	Aceptable
Selenio	*	0,7	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	32,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	34,51	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,9	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	27,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** **Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Día soleado. La mayoría de los pozos son artesanales, algunos de ASADAS y otros de AyA. Los artesanales están en muy mal estado, los de las ASADAS y AyA en estado regular.

Observaciones:

Las concentraciones de Calcio, Cloruros, y Dureza Total, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S. Amonio?

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05788-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	15-jun-16	
				Fecha de ingreso :	16-jun-16	
Muestreo:	P-21 CAMARONERA CERRO MAR			Fecha de Reporte:	24-jun-16	
Dirección:	DENTRO DEL POZO			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2242-5012	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	calderony@aya.go.cr		Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	10:28

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	275	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	42,8	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	2,17	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	105,6	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	346,16	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	1694	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	264	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	363	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	38,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	24,0	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	7,0	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05788-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación N° LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008
Origen de la Acreditación K1.11 Decreto Ejecutivo 21022 y sus modificaciones
Alcance disponible en www.eca.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD*	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	6,81		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Acceptable	Acceptable
Selenio	*	1,2	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	52,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	25,99	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,8	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	1,36	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	12,3	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** **Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Día soleado. Pozos artesanales, de ASADAS y de AyA. Los pozos artesanales en casas de habitación están en mal estado. Los pozos de las ASADAS están en mal estado de protección y mantenimiento. El pozo de AyA está con la cerca de protección en mal estado y con agua estancada al lado.

Observaciones:

Las concentraciones de Amonio, Calcio y Cloruros, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05720-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	14-jun-16	
				Fecha de ingreso :	15-jun-16	
Muestreo:	P-27 ASADA SAN BUENAVENTURA			Fecha de Reporte:	24-jun-16	
Dirección:	DENTRO DEL POZO, NO HAY BOMBA			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2242-5012	
PROVINCIA:	Lo	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	calderony@aya.go.cr		Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	13:18

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	283	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	71,5	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	83,0	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	9,10	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	653	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	208	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	272	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	101,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	15,7	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	11,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	70,59	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05720-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e mail: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	6,68		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Acceptable	Acceptable
Selenio	*	10,6	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	14,7	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	84,47	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,2	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,54	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	5,3	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Día soleado. La mayoría de los pozos son artesanales, algunos de ASADAS y otros de AyA. Los artesanales están en muy mal estado, los de las ASADAS y AyA en estado regular.

Observaciones:

La concentración de Nitratos, no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05789-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	15-jun-16
				Fecha de ingreso :	16-jun-16
Muestreo:	P-31 ASADA SAN BUENAVENTURA			Fecha de Reporte:	24-jun-16
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:	
				Teléfono:	2242-5012
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	calderony@aya.go.cr	Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	11:18

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	289	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	7,7	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	1,0	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	76,6	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	62,75	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	952	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	191	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	234	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	7,3	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	10,3	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	12,81	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Aceptable	Aceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05789-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: d.mora@aya.go.cr



Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación N° LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008
De acuerdo a la Ley N° 11.000 y sus modificaciones
Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	7,29		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Aceptable	Aceptable
Selenio	*	0,9	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	25,3	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	29,68	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,8	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Día soleado. Pozos artesanales, de ASADAS y de AyA. Los pozos artesanales en casas de habitación están en mal estado. Los pozos de las ASADAS están en mal estado de protección y mantenimiento. El pozo de AyA está con la cerca de protección en mal estado y con agua estancada al lado.

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química

Página 10 de 20	Editado e impreso por AYA 2006	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
-----------------	--	--



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05791-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e-mail: d.mora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	15-jun-16	
				Fecha de ingreso :	16-jun-16	
Muestreo:	P-34 POZO SR. CARLOS BONILLA			Fecha de Reporte:	26-abr-16	
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2242-5012	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	calderony@aya.go.cr		Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	12:26

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	318	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	23,8	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,4	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	427,2	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	2945,16	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	5	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	8110	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	1068	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	1955	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	40,3	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	215,4	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	2032,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	1,81	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05791-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	8,11		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	5,0	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Acceptable	Acceptable
Selenio	*	3,6	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	344,9	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	381,74	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	30,7	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,60	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	6,2	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Día soleado. Pozos artesanales, de ASADAS y de AyA. Los pozos artesanales en casas de habitación están en mal estado. Los pozos de las ASADAS están en mal estado de protección y mantenimiento. El pozo de AyA está con la cerca de protección en mal estado y con agua estancada al lado.

Observaciones:

Las concentraciones de Calcio, Cloruros, Magnesio, Manganeseo, Sodio y Sulfatos, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e-mail: dmora@aya.go.cr

AYA-ID-05794-2016



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	15-jun-16
				Fecha de ingreso :	16-jun-16
Muestreo:	P-37 POZO SR. FELIPE UMAÑA			Fecha de Reporte:	24-jun-16
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:	
				Teléfono:	2242-5012
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	calderony@aya.go.cr	Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	14:23

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	297	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	9,7	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	1,0	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	31,4	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	10,33	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	755	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	79	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	181	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	0,19	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	18,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	25,0	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	10,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05794-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: d.mora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
pH	*	7,22		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.		.		2160 B	Aceptable	Aceptable
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sulfatos	*	23,42	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	30,1	°C	0,10	.		2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,25	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

**** Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Día soleado. Pozos artesanales, de ASADAS y de AyA. Los pozos artesanales en casas de habitación están en mal estado. Los pozos de las ASADAS están en mal estado de protección y mantenimiento. El pozo de AyA está con la cerca de protección en mal estado y con agua estancada al lado.

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05845-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	16-jun-16	
				Fecha de ingreso :	17-jun-16	
Muestreo:	P-38 POZO SEÑOR EDUARDO SÁNCHEZ			Fecha de Reporte:	24-jun-16	
Dirección:	TUBO DE SALIDA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2242-5012	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	calderony@aya.go.cr		Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	09:08

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	277	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	21,8	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,5	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	20,2	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	3,60	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	426	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	50	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	125	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	0,40	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	15,4	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	18,1	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05845-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: d.mora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	7,73		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Aceptable	Aceptable
Selenio	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	53,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	4,95	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	28,9	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,38	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	7,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** **Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Día soleado. Agua tiene aproximadamente 24 horas en el tanque de almacenamiento.

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química

Página 2 de 4	Editado e impreso por AYA 2006	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	--	--



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05792-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e-mail: d.mora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	15-jun-16	
				Fecha de ingreso :	16-jun-16	
Muestreo:	P-42 POZO FINCA LA MAYALTA			Fecha de Reporte:	24-jun-16	
Dirección:	TUBO DE CONDUCCIÓN PARA RIEGO			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2242-5012	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	calderony@aya.go.cr		Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	13:04

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	187	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	19,1	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,6	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	25,0	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	59,83	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	695	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	62	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	115	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	55,4	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	12,7	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	11,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	54,98	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Aceptable	Aceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05792-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	7,46		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Acceptable	Acceptable
Selenio	*	0,8	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	61,3	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	20,84	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	30,6	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,26	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	6,3	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Día soleado. Pozos artesanales, de ASADAS y de AyA. Los pozos artesanales en casas de habitación están en mal estado. Los pozos de las ASADAS están en mal estado de protección y mantenimiento. El pozo de AyA está con la cerca de protección en mal estado y con agua estancada al lado.

Observaciones:

La concentración de Nitratos, no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05719-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	14-jun-16	
				Fecha de ingreso :	15-jun-16	
Muestreo:	P-43 AYA BARDUAL			Fecha de Reporte:	24-jun-16	
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2242-5012	
PROVINCIA:	Lo	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	calderony@aya.go.cr		Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	12:50

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	314	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	8,3	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,32	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	1,8	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	61,3	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	4,17	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	540	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	153	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	210	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	15,0	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	13,7	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	5,42	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05719-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	7,00		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Aceptable	Aceptable
Selenio	*	3,0	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	16,9	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	25,08	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,8	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	10,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Día soleado. La mayoría de los pozos son artesanales, algunos de ASADAS y otros de AyA. Los artesanales están en muy mal estado, los de las ASADAS y AyA en estado regular.

Observaciones:

La concentración de Amonio, no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05790-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	15-jun-16
				Fecha de ingreso :	16-jun-16
Muestreo:	P-44 POZO SRA. BONIFACIA MASÍS			Fecha de Reporte:	24-jun-16
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:	
				Teléfono:	2242-5012
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	calderony@aya.go.cr	Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	12:05

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	277	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	16,3	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,4	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	58,0	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	11,87	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	733	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	145	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	171	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	14,0	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	6,4	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	2,0	3,0	5,0	3113B		20
Nitratos	*	9,59	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05790-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e mail: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	6,85		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Aceptable	Aceptable
Selenio	*	1,0	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	21,4	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	11,52	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,8	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,16	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	6,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** **Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Día soleado. Pozos artesanales, de ASADAS y de AyA. Los pozos artesanales en casas de habitación están en mal estado. Los pozos de las ASADAS están en mal estado de protección y mantenimiento. El pozo de AyA está con la cerca de protección en mal estado y con agua estancada al lado.

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química

Página 12 de 20	Editado e impreso por AYA 2006	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
-----------------	--	--



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05793-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	15-jun-16	
				Fecha de ingreso :	16-jun-16	
Muestreo:	P-45 POZO SR. EDUARDO CAMPOS			Fecha de Reporte:	24-jun-16	
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2242-5012	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	calderony@aya.go.cr		Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	13:25

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	310	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	11,4	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,4	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	50,0	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	4,79	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPt-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	767	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	125	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	193	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	13,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	16,6	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	5,93	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Acceptable	Acceptable



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05793-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	7,03		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Acceptable	Acceptable
Selenio	*	0,7	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	23,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	11,98	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	30,0	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,34	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	37,4	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Día soleado. Pozos artesanales, de ASADAS y de AyA. Los pozos artesanales en casas de habitación están en mal estado. Los pozos de las ASADAS están en mal estado de protección y mantenimiento. El pozo de AyA está con la cerca de protección en mal estado y con agua estancada al lado.

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



AUTORIDAD NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05722-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	PRESIDENCIA EJECUTIVA			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	M.Sc Yamileth Astorga Espeleta			Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	14-jun-16
				Fecha de ingreso :	15-jun-16
Muestreo:	P-49 SRA. QUINTINA GUTIÉRREZ CALVO			Fecha de Reporte:	24-jun-16
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:	
				Teléfono:	2242-5012
PROVINCIA:	Lo	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	calderony@aya.go.cr	Fax:	2242-5025	Hora de recolección:	12:25

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	279	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	320,0	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,29	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	1,3	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	56,4	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	2,98	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	5	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	523	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	141	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	210	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	304,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	16,6	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	10,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	4,10	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
Olor	**	Negativo	N.A.				2150 B	Aceptable Aceptable	



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05722-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
pH	*	6,86		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Negativo	N.A.				2160 B	Acceptable	Acceptable
Selenio	*	2,2	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	20,9	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	23,68	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,9	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	9,12	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	3,5	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** **Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Día soleado. La mayoría de los pozos son artesanales, algunos de ASADAS y otros de AyA. Los artesanales están en muy mal estado, los de las ASADAS y AyA en estado regular.

Observaciones:

El nivel de Turbiedad y las concentraciones de Aluminio y Amonio, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00399-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-C49
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	19-ene-17	
				Fecha de ingreso :	20-ene-17	
Muestreo:	POZO 4 ANISETO TRUJILLO			Fecha de Reporte:	26-ene-17	
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2223-13-16	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Hora de recolección:	09:09

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	417	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	16,1	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,7	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	136,6	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	6,22	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	730	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	341	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	420	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	9,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	19,2	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	4,75	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00399-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	6,95		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	1,1	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	27,7	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	37,03	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	27,6	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

**** Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado.

Observaciones:

La concentraciones de Calcio, Dureza Total y el nivel de Conductividad, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00348-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: d.mora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	18-ene-17	
				Fecha de ingreso :	19-ene-17	
Muestreo:	POZO 6 ASADA MONTE POTRERO			Fecha de Reporte:	26-ene-17	
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2223-13-16	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Hora de recolección:	09:06

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	390	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	33,2	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,43	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,7	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	102,2	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	5,78	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	757	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	255	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	368	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	47,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	27,4	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	71,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00348-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,74		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	29,7	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	26,48	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	28,4	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,37	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	13,2	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** **Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado. En el Pozo 43 (Barbudal) la cloración está directamente dentro del pozo.

Observaciones:

La concentración de Calcio y el nivel de Conductividad, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00400-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	19-ene-17	
				Fecha de ingreso :	20-ene-17	
Muestreo:	POZO 11 FINCA QUINTAVALLE			Fecha de Reporte:	26-ene-17	
Dirección:	DENTRO DEL POZO			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2223-13-16	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Hora de recolección:	10:06

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	137	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	128,3	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,30	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	1,4	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	43,4	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	2,53	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	10,0	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	297	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	108	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	143	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	62,8	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	8,4	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	38,0	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	11,74	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00400-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e mail: d.mora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	6,91		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	2,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	4,79	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,6	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	1,13	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	26,5	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** **Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado.

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00404-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: d.mora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	19-ene-17
Muestreo:	POZO 16 GUILLERMO CARRILLO			Fecha de ingreso :	20-ene-17
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Fecha de Reporte:	26-ene-17
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Inicio Análisis MIC:	
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Teléfono: 2223-13-16
				Tipo de muestra:	Agua
				Hora de recolección:	12:06

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	354	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	6,6	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,40	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	273,2	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	45,49	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	8	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	1191	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	682	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	778	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	114,0	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	23,4	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	166,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	5,0	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1

Página 11 de 22

Rige: 16/01/17

AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00404-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: d.mora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	No Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	6,92		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	7,7	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	33,7	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	522,87	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	28,9	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,52	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	13,8	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

**** Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado.

Observaciones:

El nivel de Conductividad y la concentración de Calcio, Dureza Total y Sulfatos no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00406-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación No. LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	19-ene-17	
Muestreo:				Fecha de ingreso :	20-ene-17	
				Fecha de Reporte:	26-ene-17	
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:		
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Teléfono:	2223-13-16	
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Tipo de muestra:	Agua
					Hora de recolección:	13:09

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	304	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	10,2	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,38	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	216,6	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	279,32	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	1145	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	540	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	631	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	9,3	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	22,2	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	1,93	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1

Página 15 de 22

Rige: 16/01/17

AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00406-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



ECA

Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,08		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	22,7	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	20,11	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	30,2	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	8,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** **Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado.

Observaciones:

El nivel de Conductividad y la concentración de Calcio, Dureza Total y Cloruros no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00405-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º. LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	19-ene-17	
				Fecha de ingreso :	20-ene-17	
Muestreo:	POZO 21 CAMARONERA CERRO MAR			Fecha de Reporte:	26-ene-17	
Dirección:	DENTRO DEL POZO			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2223-13-16	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Hora de recolección:	12:32

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	375	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	6,0	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,22	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	134,4	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	37,69	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	743	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	335	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	362	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	6,6	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00405-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	No Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	6,92		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	39,7	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	20,97	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,4	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,23	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	12,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

**** Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado.

Observaciones:

El nivel de Conductividad y la concentración de Calcio, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00407-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	19-ene-17	
Muestreo:				Fecha de ingreso :	20-ene-17	
				Fecha de Reporte:	26-ene-17	
Dirección:	DENTRO DEL POZO			Inicio Análisis MIC:		
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Teléfono:	2223-13-16	
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Tipo de muestra:	Agua
				Hora de recolección:	13:41	

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	378	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	66,6	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,21	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	139,0	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	7,20	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	4	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	733	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	347	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	430	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	59,8	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	20,2	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	7,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00407-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º. LE-C49
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	6,76		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	8,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	66,90	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,9	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	1,01	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	15,1	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado.

Observaciones:

El nivel de Conductividad y la concentraciones de Calcio y Dureza Total no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00408-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: d.mora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	19-ene-17	
Muestreo:	POZO 31 ASADA SAN BUENAVENTURA			Fecha de ingreso :	20-ene-17	
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Fecha de Reporte:	26-ene-17	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Inicio Análisis MIC:		
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Teléfono:	2223-13-16
				Tipo de muestra:	Agua	
				Hora de recolección:	14:08	

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	316	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	4,8	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,3	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	128,1	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	61,93	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	734	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	319	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	385	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	4,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	15,97	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	3,3	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	9,35	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00408-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: d.mora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,43		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	18,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	22,29	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,6	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	3,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado.

Observaciones:

El nivel de Conductividad y la concentración de Calcio, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00355-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	18-ene-17	
				Fecha de ingreso :	19-ene-17	
Muestreo:	POZO 34 CARLOS BONILLA			Fecha de Reporte:	26-ene-17	
Dirección:	DENTRO DEL POZO			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2223-13-16	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Hora de recolección:	11:41

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	344	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	24,0	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,42	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,5	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	282,2	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	691,45	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	2040	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	704	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	1077	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	44,2	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	90,6	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	137,1	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	3,4	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00355-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	6,77		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	0,9	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	107,6	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	121,18	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,0	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,19	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	19,1	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado. En el Pozo 43 (Barbudal) la cloración está directamente dentro del pozo.

Observaciones:

Las concentraciones de Calcio, Cloruros, Dureza Total, Magnesio y el nivel de Conductividad, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00358-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	18-ene-17	
				Fecha de ingreso :	19-ene-17	
Muestreo:				Fecha de Reporte:	26-ene-17	
Dirección:				TUBO DE SALIDA		
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2223-13-16	
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Tipo de muestra:	Agua
				Hora de recolección:	13:26	

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	330	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	11,8	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,30	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,4	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	58,7	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	5,92	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	635	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	147	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	296	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	6,8	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	36,2	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	14,1	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	9,30	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1

Página 21 de 24

Rige: 16/01/17
AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00358-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	No Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,41		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	23,7	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	12,75	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	30,1	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	15,1	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado. En el Pozo 43 (Barbudal) la cloración está directamente dentro del pozo.

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00356-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL		Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández		Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES		Fecha de muestreo	18-ene-17
Muestreo:	POZO 42 FINCA MAYALTA		Fecha de ingreso :	19-ene-17
Dirección:	TUBO DE CONDUCCIÓN		Fecha de Reporte:	26-ene-17
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Inicio Análisis MIC:
e-mail:	elezama@aya.go.cr	Fax:	2223-13-16	Teléfono:
				2223-13-16
				Tipo de muestra:
				Agua
				Hora de recolección:
				12:23

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	132	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	66,9	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	1,1	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	6,9	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	21,10	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	388	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	17	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	18	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	205,4	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	0,2	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	15,50	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1

Página 17 de 24

Rige: 16/01/17

AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00356-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	9,16		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	64,7	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	N.D.	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	30,1	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,38	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	17,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado. En el Pozo 43 (Barbudal) la cloración está directamente dentro del pozo.

Observaciones:

El nivel de pH, no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00354-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	18-ene-17	
				Fecha de ingreso :	19-ene-17	
Muestreo:				POZO 43 BARBUDAL AYA	Fecha de Reporte:	26-ene-17
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2223-13-16	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Hora de recolección:	11:26

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	403	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	D.	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,9	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	118,0	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	4,66	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	684	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	294	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	416	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	29,6	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	3,04	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00354-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,07		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	4,8	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	18,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	25,94	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,7	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	14,1	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado. En el Pozo 43 (Barbudal) la cloración está directamente dentro del pozo.

Observaciones:

Las concentraciones de Calcio, Dureza Total y el nivel de Conductividad, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00409-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	19-ene-17
				Fecha de ingreso :	20-ene-17
Muestreo:	POZO 44 BONIFACIA MASÍS			Fecha de Reporte:	26-ene-17
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:	
				Teléfono:	2223-13-16
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	elezama@aya.go.cr	Fax:	2223-13-16	Hora de recolección:	14:29

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	333	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	7,4	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	101,0	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	6,28	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	590	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	252	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	300	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	11,6	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	5,44	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00409-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	6,98		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	15,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	8,76	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,9	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,20	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	11,4	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado.

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S. Sin embargo, la concentración de Calcio está en el valor máximo admisible.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00357-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández			Muestreado por	Monge Piedra Lui	
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES			Fecha de muestreo	18-ene-17	
				Fecha de ingreso :	19-ene-17	
Muestreo:				POZO 45 EDUARDO CAMPOS	Fecha de Reporte:	26-ene-17
Dirección:	TUBO DE SALIDA			Inicio Análisis MIC:		
				Teléfono:	2223-13-16	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares	Tipo de muestra:	Agua	
e-mail:	elezama@aya.go.cr		Fax:	2223-13-16	Hora de recolección:	13:01

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	364	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	5,6	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,30	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,3	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	84,5	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	2,59	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	688	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	211	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	327	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	9,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	28,4	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	5,29	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00357-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,07		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	0,9	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	16,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	8,46	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	30,3	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	0,50	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	38,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado. En el Pozo 43 (Barbudal) la cloración está directamente dentro del pozo.

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00353-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL	Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	Ing. Eduardo Lezama Fernández	Muestreado por	Monge Piedra Lui
SISTEMA:	COLORADO DE ABANGARES	Fecha de muestreo	18-ene-17
		Fecha de ingreso :	19-ene-17
Muestreo:	POZO 49 QUINTÍN GUTIÉRREZ	Fecha de Reporte:	26-ene-17
Dirección:	TUBO DE SALIDA	Inicio Análisis MIC:	
		Teléfono:	2223-13-16
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	Abangares
e-mail:	elezama@aya.go.cr	Fax:	2223-13-16
		Tipo de muestra:	Agua
		Hora de recolección:	10:58

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	401	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	456,5	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	0,23	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,6	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	123,0	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	3,18	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	29	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	665	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	307	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	398	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	447,1	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	22,0	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	14,1	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	4,41	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00353-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de 11.02.2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	6,96		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	0,6	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	2,1	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	16,8	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	18,52	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	29,8	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	12,09	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	23,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Muestra solicitada por Viviana Ramos. Tiempo soleado. En el Pozo 43 (Barbudal) la cloración está directamente dentro del pozo.

Observaciones:

Los niveles de Color, Turbiedad, las concentraciones de Aluminio, Hierro y Calcio, no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química