



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

> INFORME DOCUMENTO FINAL

**ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO
HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR
LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA A PARTIR
DEL MÉTODO DE HIDROGRAMAS DE
POZOS, EN EL ACUÍFERO PLAYA
POTRERO, SANTA CRUZ, GUANACASTE**

Aprobado en sesión extraordinaria de la CTI – Agua Subterránea,
efectuado el 30 de junio del 2023, CI-005-2023, acuerdo N°5

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**
(506) 2242 5000 / www.aya.go.cr
Pavas, San José, Costa Rica

Más y mejores servicios • Eficiencia • Comunicación

ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA A PARTIR DEL MÉTODO DE HIDROGRAMAS DE POZOS, EN EL ACUÍFERO PLAYA POTRERO, SANTA CRUZ GUANACASTE

Elaborado por:

M.Sc. Viviana Ramos Sanchez
Directora UEN Gestión Ambiental

Geól. Christian Delgado Segura
Director Área Funcional de Hidrogeología
UEN Gestión Ambiental

M.Sc. Héctor Zúñiga Mora
Coordinador Unidad para la Gestión del
Recurso Hídrico
UEN Gestión Ambiental

Geól. Jose Jiménez Murillo
Unidad para la Gestión del Recurso Hídrico
UEN Gestión Ambiental

Geól. Jorge Salazar Chacón
Área Funcional Hidrogeología
UEN Gestión Ambiental

Geól. Christian Corrales Díaz
Área Funcional Hidrogeología
UEN Gestión Ambiental

Geóg. Oscar Jiménez Jaen
Unidad para la Gestión del Recurso Hídrico
UEN Gestión Ambiental

Revisado y aprobado por:

MSc. Viviana Ramos Sanchez
Directora UEN Gestión Ambiental

Tabla de contenido

1. Antecedentes	12
2. Introducción	15
2.1 Objetivo del informe	15
2.1.1 Objetivo General.....	15
2.1.2 Objetivos Específicos	15
2.2 Ubicación Cartográfica y Contextual	15
2.3 Metodología	17
3. Geología Regional	17
3.1 Intrusivo Potrero.....	19
3.2 Formación Complejo de Nicoya	19
3.3 Unidad Depósitos Aluviales y Coluviales.....	20
4. Elementos Climáticos	21
5. Condiciones Hidrogeológicas	24
5.1 Evaluación de la recarga en el acuífero potrero	26
5.1.1 Estimación de recarga al acuífero para el periodo del 2011	26
5.1.2 Estimación de recarga al acuífero para el periodo del año 2011 al 2021	29
5.2 Rendimiento sostenible y caudal disponible.....	36
5.3 Evaluación de la recarga por microcuenca en el acuífero Potrero	37
5.4 Comparación de recargas entre el acuífero y las subcuencas	48
6. Hidrogeoquímica y análisis de calidad del agua subterránea.....	51
6.1 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2012.....	54
6.2 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2018.....	60
6.3 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2019.....	73
6.4 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2020.....	86
6.5 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2021.....	100
6.6 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2022.....	110
6.7 Análisis de conductividades	120
6.8 Resumen de análisis hidrogeoquímico.....	124
7. Usos de la Tierra Acuífero Potrero	128
8. Registro de concesiones en el Acuífero Potrero	133
8.1 Pozos de entes operadores	135
8.1.1 Pozo AyA Potrero 1 (Sistema CH-A-11-Flamingo).....	135
8.1.2 Pozo AyA Potrero 2 (Sistema CH-A-11-Flamingo).....	135
8.1.3 Pozo 1 Principal ASADA Lomas Pacífico.....	137
8.1.4 Pozo 1 ASADA Playa Potrero	139
8.1.5 Pozo 2 ASADA Playa Potrero	139
8.1.6 Pozo 3 ASADA Playa Potrero	141
8.1.7 Pozo 1 ASADA SurfSide	142
8.1.8 Pozo 2 ASADA SurfSide	142
8.2 Sitios con concesiones a nombre del AyA y de ASADAS.....	144
8.2.1 Toma 1 Expediente 1633-R Pozo 1 Principal Lomas Pacífico	147
8.2.2 Toma 1803 Expediente 602-R Pozo Potrero 2	147

8.2.3.	Toma 1802 Expediente 602-R Pozo Potrero 1	148
8.2.4.	Toma 01 Expediente 872-R	149
8.2.5.	Toma 02 Expediente 872-R	149
8.2.6.	Toma 01 Expediente 616-R- Pozo 1 ASADA Surfside	150
8.2.7.	Toma 02 Expediente 616-R – Pozo 2 ASADA Surfside	151
8.2.8.	Toma 1771 Expediente 602-R	152
8.2.9.	Toma 1772 Expediente 602-R	152
8.2.10.	Toma 02 Expediente 6675-R.....	153
8.2.11.	Toma 01 Expediente 6675-R.....	154
8.2.12.	Toma 03 Expediente 1581-R – Pozo 3 ASADA Potrero	155
8.2.13.	Toma 01 Expediente 1581-R – Pozo 1 ASADA Potrero	156
8.2.14.	Toma 02 Expediente 1581-R – Pozo 2 ASADA Potrero	156
8.2.15.	Toma 01 Expediente 6734-R.....	157
8.2.16.	Toma 02 Expediente 8163-R.....	158
8.2.17.	Toma 01 Expediente 8163-R.....	158
8.2.18.	Toma 02 Expediente 6734-R.....	159
8.2.19.	Toma 01 Expediente 6353-R.....	159
8.3.	Concesiones de los pozos privados.....	162
9.	Análisis de producción de las fuentes de AyA y ASADAS en función del caudal disponible por subcuenca.....	163
9.1.	Subcuenca Pilas	163
9.2.	Subcuenca Cacao.....	165
9.3.	Subcuenca Guapes.....	167
9.4.	Subcuenca Cucaracha.....	168
9.4.1.	ASADA Surfside.....	168
9.4.2.	Sistema Flamingo-Pozo AyA Potrero 1	171
9.4.3.	Sistema Flamingo Pozo AyA Potrero 2	172
9.4.4.	Pozo Potrero 3 de la ASADA Potrero.....	174
10.	Conclusiones	177
11.	Bibliografía / Referencias.....	185

Tabla de Figuras

Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio.	16
Figura 2: Mapa geológico del área de estudio. Tomado y modificado de Denyer et al. 2014	18
Figura 3: Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas consultadas.	22
Figura 4: Variación de precipitación promedio mensual en las estaciones meteorológica	23
Figura 5: Mapa con elementos hidrogeológicos en el área de estudio.	25
Figura 6: Ubicación de pozos con monitoreo manual en el acuífero Potrero utilizados para el cálculo de la recarga del año 2011	28
Figura 7: Ubicación de pozos utilización para el cálculo de recarga entre los años 2011-2021.....	31
Figura 8: División del acuífero Potrero en microcuencas.....	38
Figura 9: Ubicación de pozo muestreados en las diferentes campañas en el acuífero Potrero.....	53
Figura 10: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2012 en pozos de Subcuenca Pilas.....	54
Figura 11: Diagrama Stiff en el que se representan las 3 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2012.	55
Figura 12: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	56
Figura 13: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2012 en pozo de Subcuenca Guapes.	57
Figura 14: Diagrama Stiff en el que se representa la muestra analizada de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2012.	58
Figura 15: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	59
Figura 16: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2018 en pozos de Subcuenca Pilas.....	60
Figura 17: Diagrama Stiff en el que se representan las 5 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2018.	61
Figura 18: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	62
Figura 19: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2018 en pozo de Subcuenca Cacao.	64
Figura 20: Diagrama Stiff en el que se representan las 5 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2018.	65
Figura 21: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	66
Figura 22: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2018 en pozos de Subcuenca Guapes.	67
Figura 23: Diagrama Stiff en el que se representa las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2018.	68
Figura 24: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	69
Figura 25: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2018 en pozos de	

Subcuenca Cucaracha.	70
Figura 26: Diagrama Stiff en el que se representan las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha de la campaña del 2018.	71
Figura 27: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	72
Figura 28: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2019 en pozos de Subcuenca Pilas.	74
Figura 29: Diagrama Stiff en el que se representan las 5 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2019.	75
Figura 30: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	76
Figura 31: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2019 en pozo de Subcuenca Cacao.	77
Figura 32: Diagrama Stiff en el que se representan la muestra analizada de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2019.	78
Figura 33: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	79
Figura 34: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2019 en pozos de Subcuenca Guapes.	80
Figura 35: Diagrama Stiff en el que se representa las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2019.	81
Figura 36: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	82
Figura 37: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2019 en pozos de Subcuenca Cucaracha.	83
Figura 38: Diagrama Stiff en el que se representan las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha de la campaña del 2019.	84
Figura 39: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	85
Figura 40: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2020 en pozos de Subcuenca Pilas.	87
Figura 41: Diagrama Stiff en el que se representan las 5 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2020.	88
Figura 42: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	89
Figura 43: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2020 en pozo de Subcuenca Cacao.	91
Figura 44: Diagrama Stiff en el que se representa la muestra analizada de la Subcuenca Cacao de la campaña del 2020.	92
Figura 45: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	93
Figura 46: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2020 en pozos de Subcuenca Guapes.	94
Figura 47: Diagrama Stiff en el que se representa las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2020.	95
Figura 48: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos	

disueltos totales y la conductividad eléctrica.	96
Figura 49: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2020 en pozos de Subcuenca Cucaracha.	97
Figura 50: Diagrama Stiff en el que se representan las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha de la campaña del 2019.	98
Figura 51: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	99
Figura 52: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2021 en pozos de Subcuenca Pilas.	101
Figura 53: Diagrama Stiff en el que se representan las 2 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2021.	102
Figura 54: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	103
Figura 55: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2021 en pozos de Subcuenca Guapes.	104
Figura 56: Diagrama Stiff en el que se representa las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2021.	105
Figura 57: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	106
Figura 58: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2021 en pozos de Subcuenca Cucaracha.	107
Figura 59: Diagrama Stiff en el que se representan las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha de la campaña del 2021.	108
Figura 60: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	109
Figura 61: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2022 en pozos de Subcuenca Pilas.	111
Figura 62: Diagrama Stiff en el que se representan las 2 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2022.	112
Figura 63: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	113
Figura 64: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2022 en pozos de Subcuenca Guapes.	114
Figura 65: Diagrama Stiff en el que se representa las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2022.	115
Figura 66: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	116
Figura 67: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2022 en pozos de Subcuenca Cucaracha.	117
Figura 68: Diagrama Stiff en el que se representan las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha de la campaña del 2022.	118
Figura 69: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.	119
Figura 70: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo ASADA Potrero 1. Subcuenca Pilas.	120
Figura 71: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo Hotel Villagio. Subcuenca	

Pilas.....	121
Figura 72: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo ASADA Potrero 2. Subcuenca Guapes.	121
Figura 73: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo ASADA Potrero 3. Subcuenca Cucaracha.	122
Figura 74: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo ASADA Surfside 1. Subcuenca Cucaracha.	122
Figura 75: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo ASADA Surfside 2. Subcuenca Cucaracha.	123
Figura 76: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo AyA Potrero 2, Subcuenca Cucaracha.	123
Figura 77: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo Cabinas Marcel Subcuenca Pilas. Datos tomados de Sistema SIMASTIR disponible a la fecha del 15/12/2021.	124
Figura 78: Diagrama Piper 54 muestras analizadas período 2012-2022.	125
Figura 79: Diagrama Stiff con total de muestras analizadas.	126
Figura 80: Diagrama relación de concentración de sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica para todas las muestras analizadas.....	127
Figura 81: Usos de la Tierra en el Acuífero Potrero, para los años 2013, 2021 y 2022.	130
Figura 82: Mapa con la distribución de las concesiones registradas en el MINAE (SINIGIRH) dentro de las cuencas en análisis.....	134
Figura 83: Pozos operados por el AyA.....	136
Figura 84: Pozo 1 Principal ASADA Lomas Pacífico.....	138
Figura 85: Pozos ASADA Playa Potrero.	140
Figura 86: Pozos ASADA SurfSide.	143
Figura 87: Mapa de ubicación de los 19 registros identificados por la DA-MINAE como fuentes utilizadas para el abastecimiento público de agua.	146
Figura 88: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo 1 de la ASADA de Potrero. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.....	164
Figura 89: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.	165
Figura 90: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo 2 de la ASADA de Potrero. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.....	167
Figura 91: Gráfico producción mensual vs. tiempo del sistema de la ASADA Surfside. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.....	169
Figura 92: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo AyA Potrero 1. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.....	171
Figura 93: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo AyA Potrero 2. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.....	172
Figura 94: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo 3 de la ASADA Potrero. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.....	174

Tabla de cuadros

Cuadro 1: Precipitación promedio mensual (mm), en los alrededores de la zona de estudio.....	23
Cuadro 2: Resumen de principales características de los acuíferos en el área de estudio.....	24
Cuadro 3: Cálculo de la recarga en el acuífero Potrero Resultados SENARA (2012).....	26
Cuadro 4: Red de monitoreo en la unidad aluviones (Grupo A) acuífero Potrero año 2011.....	26
Cuadro 5: Red de monitoreo en la unidad Complejo de Nicoya (Grupo B) acuífero Potrero año 2011.....	27
Cuadro 6: Variación en los niveles estáticos de los pozos en la red de monitoreo del acuífero Potrero para los años del 2011 al 2021.	30
Cuadro 7: Agrupación de pozos captando unidad hidrogeológica Aluvión.	32
Cuadro 8: Agrupación de pozos captando unidad hidrogeológica Complejo de Nicoya.	33
Cuadro 9: Variación de los niveles en los pozos de la red de monitoreo.	34
Cuadro 10: Parámetros para el cálculo de la recarga.	35
Cuadro 11: Volumen de recarga en los acuíferos por año en m ³	35
Cuadro 12: Volumen de recarga en los acuíferos por año en l/s.....	35
Cuadro 13: Caudal disponible en el acuífero Potrero.....	36
Cuadro 14: Variaciones del nivel estático en pozos subcuenca Pilas.	37
Cuadro 15: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Pilas.	37
Cuadro 16: Volumen de recarga por año en subcuenca Pilas.....	39
Cuadro 17: Caudal disponible en la subcuenca Pilas.	39
Cuadro 18: Variaciones del nivel estático en pozos subcuenca Cacao.....	40
Cuadro 19: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Cacao.....	40
Cuadro 20: Volumen de recarga en microcuenca Cacao.	40
Cuadro 21: Caudal disponible en la subcuenca Cacao.....	41
Cuadro 22: Variaciones del nivel estático en pozos subcuenca Guapes.	41
Cuadro 23: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Guapes.	42
Cuadro 24: Volumen de recarga en microcuenca Guapes.	42
Cuadro 25: Caudal disponible en la subcuenca Guapes.....	43
Cuadro 26: Variaciones del nivel estático en pozos subcuenca Cucaracha.....	43
Cuadro 27: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Cucaracha.....	44
Cuadro 28: Volumen de recarga en microcuenca Cucaracha.	44
Cuadro 29: Caudal disponible en la subcuenca Cucaracha.	44
Cuadro 30: Variaciones del nivel estático en pozos subcuenca Brasiliar.	45
Cuadro 31: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Brasiliar.	45
Cuadro 32: Volumen de recarga en microcuenca Brasiliar.....	46
Cuadro 33: Caudal disponible en la subcuenca Brasiliar.	46
Cuadro 34: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Cusuca.....	47
Cuadro 35: Volumen de recarga en microcuenca Cusuca.	47
Cuadro 36: Caudal disponible en la subcuenca Cusuca.	47

Cuadro 37: Comparación de la recarga en el acuífero Potrero y las Subcuencas definidas.....	48
Cuadro 38: Caudal total recargado en el acuífero Potrero.....	49
Cuadro 39: Caudal aprovechable recargado. (40%) en el acuífero Potrero.....	50
Cuadro 40: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	56
Cuadro 41: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	59
Cuadro 42: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	63
Cuadro 43: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	66
Cuadro 44: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	69
Cuadro 45: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	72
Cuadro 46: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	76
Cuadro 47: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	79
Cuadro 48: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	82
Cuadro 49: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	85
Cuadro 50: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	90
Cuadro 51: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	93
Cuadro 52: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	96
Cuadro 53: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	99
Cuadro 54: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	103
Cuadro 55: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	106
Cuadro 56: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	110
Cuadro 57: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	113
Cuadro 58: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	116
Cuadro 59: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.....	120
Cuadro 60: Usos de la Tierra, Acuífero Potrero, Años 2013, 2021 y 2022.	128
Cuadro 61: Resumen de los usos de suelo por subcuencas en el acuífero Potrero para los años de análisis.....	131
Cuadro 62: Número de fuentes de agua inscritas en MINAE para el Acuífero Potrero.	133
Cuadro 63: Pozo AyA Potrero 1.....	135
Cuadro 64: Pozo AyA Potrero 2.....	137
Cuadro 65: Pozo inspeccionado de la ASADA Lomas Pacífico.....	137
Cuadro 66: Pozo 1 ASADA Playa Potrero.....	139
Cuadro 67: Pozo 2 ASADA Playa Potrero.....	141
Cuadro 68: Pozo 3 ASADA Playa Potrero.....	141
Cuadro 69: Pozo 1 ASADA SurfSide.....	142
Cuadro 70: Pozo 2 ASADA SurfSide.....	144
Cuadro 71: Listado con los 19 registros de fuentes a nombre del AyA y de ASADAS en el Acuífero Potrero.....	145
Cuadro 72: Listado con los 19 inspeccionados en campo.....	161
Cuadro 73: Caudal y volumen de concesión según el tipo de uso en el Acuífero Potrero.....	162
Cuadro 74: Propuesta de caudales de aprovechamiento del sistema ASADA Lomas del Pacífico.....	166

Cuadro 75: Propuesta de caudales de aprovechamiento del sistema ASADA Surfside.	170
Cuadro 76: Propuesta de caudales de aprovechamiento del sistema Flamingo AyA.....	174
Cuadro 77: Propuesta de caudales de aprovechamiento del sistema ASADA Playa Potrero.	176
Cuadro 78: Caudales de producción propuestos y otras fuentes de abastecimiento por sistema.....	184

1. Antecedentes

La Comisión Técnica Interinstitucional para la Gestión del Agua Subterránea (CTI – Agua Subterránea), conformado por la Dirección de Agua por parte del MINAE, la UEN Gestión Ambiental de parte del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento, es un órgano de Coordinación Interinstitucional, el cual tiene dentro de sus tareas, el monitorear el comportamiento de acuíferos a nivel nacional, que, por sus características técnicas, requiere la atención prioritaria de esta Comisión.

En mayo 2012, el SENARA elaboró el estudio hidrogeológico para el acuífero Potrero, para atender la resolución de la Sala Constitucional (N° 2010-102156), el cual se denominó “Estudio Hidrogeológico de los acuíferos de Playa Potrero y Playa Brasilito: Diagnóstico del potencial de explotación y rendimiento sostenible del acuífero”. En este estudio, se definió el modelo hidrogeológico del acuífero Potrero, además de que se aplicó la metodología del balance hídrico de suelos y la de hidrograma de pozos para el periodo de tiempo del año 2011, con el fin de determinar la recarga que se presenta en el acuífero en estudio. También se definió la disponibilidad hídrica en el acuífero, teniendo en cuenta las extracciones presentes, y se analizó el riesgo de contaminación del acuífero por intrusión salina.

Este estudio fue avalado en la minuta de la sesión ordinaria del CTI, del 8 de mayo del 2012 (Anexo 1), la cual recomienda continuar con un monitoreo de pozos durante un periodo de al menos un año, para observar las fluctuaciones de los niveles y el comportamiento de los acuíferos y la calidad. Además, se destacan las siguientes conclusiones del estudio:

- ✓ Se determina una recarga al acuífero de 432,5 L/s, de los cuales, son utilizables (40% de la recarga) 173 L/s.
- ✓ Se estima una extracción (para el periodo en que fue realizado el estudio) de 132,49 L/s, donde 70,58 L/s corresponden a caudales inscritos (AyA y ASADAS), concesiones otorgadas, solicitudes nuevas, prórrogas, concesiones canceladas y solicitudes nuevas de registro de pozos sin número inscritos en la Dirección de Agua – MINAE.
- ✓ Los análisis físico – químicos realizados por el Laboratorio Nacional de Aguas del AyA no evidencian intrusión salina en el acuífero.
- ✓ Para solicitudes nuevas de perforación ubicadas a menos de 1 km de la costa, se recomienda realizar un estudio de intrusión salina exhaustivo (mediante método de Glober), y caudales pequeños, dando prioridad a los pozos para consumo humano.
- ✓ Se recomienda regular el caudal extraído mediante la instalación de caudalímetros

en todos los pozos ubicados en la zona de regulación (menos de 1 km de la costa).

- ✓ Continuar con un monitoreo de pozos durante un periodo de al menos un año, para observar las fluctuaciones del nivel y el comportamiento de los acuíferos y la calidad.

A partir de una nueva resolución de la Sala Constitucional con número N° 2018002898 (Expediente 17-0004535-0007-CO), la CTI – Gestión de Acuíferos emite la minuta CI – 002 – 2018, del 11 de setiembre del 2022, en la que se acuerdan los siguientes puntos para los acuíferos Potrero, Brasilito y Huacas – Tamarindo:

“El CTI no recomienda aumentar los niveles de aprovechamientos en estos acuíferos, a excepción de satisfacer actividades de:

- a. *Bajo consumo, como lo es el suministro de agua de nuevas viviendas unifamiliares de uso doméstico en un lote, siempre y cuando no se encuentren dentro de nuevos desarrollos urbanísticos ni en fraccionamientos de una misma finca.*
- b. *Necesidades insoslayables como lo son aquellas necesidades públicas permanentes (centros educativos, delegaciones de policía, centro de salud) y actividades públicas transitorias debidamente autorizadas por los entes competentes (eventos masivos, ferias, albergues de emergencia).*

Siempre y cuando éstas se realicen de una forma racional y controlada, cuya valoración de recomendación sea analizada de forma individual, de forma tal que la entidad que la otorga asegure que el uso a satisfacer se encuentra dentro de los establecido por el CTI, y a la vez que la sumatoria de los caudales requeridos no supere el caudal registrado y autorizado y señalado a cada ente operador.

Además, las ASADAS deben aportar cada mes el balance operativo de cada uno de los sistemas de acueductos, para tener control de que mantiene el sistema capacidad de disponibilidad hídrica de sus fuentes en aprovechamiento. Esto se realizará a través de la Subgerencia de Sistemas Comunales y a la Subgerencia de Sistemas Periféricos del AyA, la cual realizará el análisis y lo presentará al CTI.”

Debido a las resoluciones de la Sala Constitucional, la problemática de abastecimiento en los acuíferos costeros y de los acuerdos de la minuta CI – 002 – 2018, el Poder Ejecutivo junto con las altas jerarquías del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), planteó y avaló, un abordaje para la elaboración de los balances operativos de los sistemas de acueducto en los acuíferos costeros de Santa Cruz (Huacas – Tamarindo, Potrero y Brasilito) por parte de la Subgerencia de Sistemas Periféricos, basado en el levantamiento y análisis de información de campo, la cual requiere contar con la colaboración de las ASADAS.

Este abordaje es avalado por Casa Presidencial y es expuesta por el Poder Ejecutivo (a través de la Dirección de Agua – MINAE, el AyA y el SENARA), en la sesión ordinaria de la Comisión para el Manejo integrado de los Acuíferos Nimboyores y Zona Costera de Santa Cruz (CONIMBOCO), el 10 de diciembre del 2021, donde las ASADAS, CATURGA, representación comunal e institucional, acordó acoger este plan de trabajo para iniciar en el año 2022.

A partir de lo anterior, la CTI – Agua Subterránea en el Tema “4. Correspondencia”, determina en la minuta CI-001-2022 del 25 de enero del 2022, que tomando en cuenta el resultado de estos balances operativos, sumando al análisis de la extracción por parte del AyA y MINAE, y al análisis del estado de legalidad de los pozos y caudales a cargo del MINAE, la CTI – Agua Subterránea deberá de realizar la evaluación del comportamiento de los acuíferos de Santa Cruz, para lo cual, será distribuida esta evaluación entre las 3 instituciones que conforman la CTI – Agua Subterránea.

De esta forma, la CTI – Agua Subterránea, en su sesión del 17 de mayo del 2022 (minuta CI – 004 – 2022), acuerda distribuir la actualización de los acuíferos de la siguiente forma: AyA analizará el acuífero Potrero, el SENARA analizará el acuífero Huacas – Tamarindo, y a la Dirección de Agua – MINAE corresponde el acuífero Brasilito.

Así también, la CTI – Agua Subterránea, en su sesión del 19 de julio del 2022 (minuta CI – 005 – 2022), acuerda que la evaluación del comportamiento de la recarga de los acuíferos, será realizada aplicando “... *la metodología de análisis de Hidrogramas de Pozos, tomando como línea base de información los datos aportados en la investigación de referencia de cada acuífero (tipo de acuífero, espesor, descripción de la litología albergante, transmisividad, conductividad hidráulica, rendimiento específico, caracterización de suelos y aforos) y se actualizarán los siguientes aspectos conforme información disponible (área del acuífero, variación de niveles, calidad, direcciones de flujo, uso de suelo, gradiente hidráulico, límites y áreas de la litología, aprovechamientos de agua, información meteorológica, lámina de saturación, cálculo de la recarga) con su respectiva justificación y fuente de información*”.

2. Introducción

En atención a los acuerdos alcanzados por la CTI – Agua Subterránea, la Dirección de la UEN Gestión Ambiental del AyA, procedió a conformar un grupo de trabajo para la elaboración del análisis y evaluación de la disponibilidad en el acuífero Potrero, desarrollando desde sus áreas de competencias profesionales, los siguientes temas: definición de la recarga (metodología por hidrograma de pozos), caudal aprovechable, uso de suelo, comportamiento físico – químico y análisis de los aprovechamientos de ASADAS, AyA y privados.

2.1 Objetivo del informe

2.1.1 Objetivo General

Actualizar la disponibilidad hídrica presente en el acuífero de playa Potrero, ubicado en el cantón de Santa Cruz, a partir del análisis de los hidrogramas de pozos en el periodo 2011 al 2021.

2.1.2 Objetivos Específicos

1. Describir el modelo geológico e hidrogeológico del acuífero Potrero.
2. Recalcular la disponibilidad hídrica en el acuífero Potrero a partir de la metodología de hidrograma de pozos.
3. Analizar la calidad del agua subterránea para los pozos en el acuífero Potrero.
4. Elaborar el uso de suelo dentro del área de estudio.

2.2 Ubicación Cartográfica y Contextual

El área de estudio se encuentra en la zona costera del cantón de Santa Cruz, en la provincia de Guanacaste, definida como la cuenca de playa Potrero, donde se encuentra el poblado con el mismo nombre.

Esta zona se localiza entre las coordenadas 341,000 / 348,000 E y 265,000 / 275,000 N, proyección Lambert Costa Rica Norte, en las Hojas Cartográfica Belén y Carillo Norte, escala 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional, abarcando un área total de 33,73 km², como se muestra en la Figura 1.

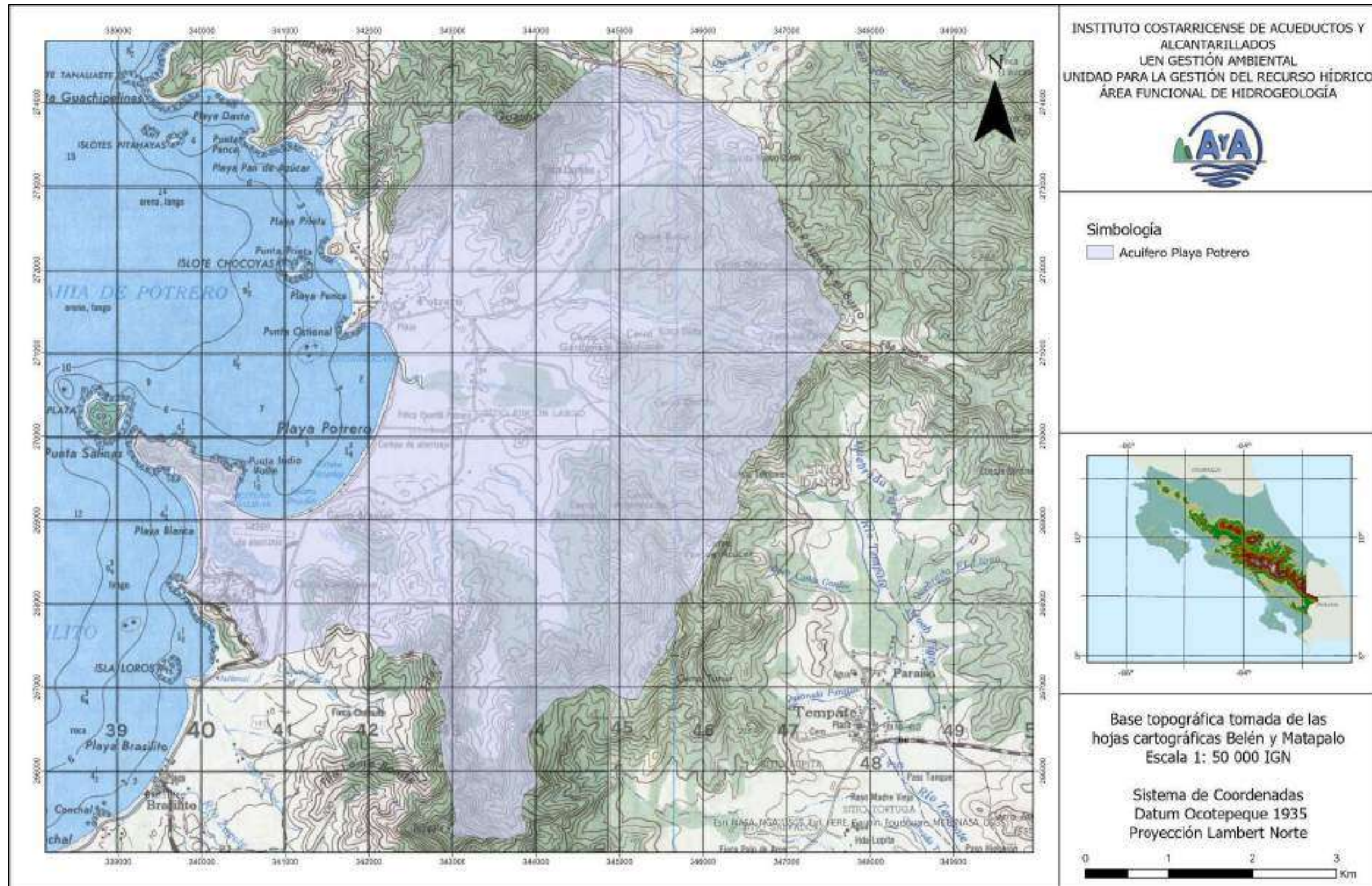


Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio.

2.3 Metodología

Para completar los objetivos planteados se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Se utilizó como referencia trabajos e investigaciones en geología para la caracterización a nivel regional dentro del área de estudio.
- Se recopiló y analizó la información de pozos obtenida en la base de datos del SENARA, AyA y de la Dirección de Aguas para determinar las características de los acuíferos.
- Análisis de registro histórico de las mediciones en los niveles de los pozos dentro de la red de monitoreo del acuífero Potrero, establecida por el CTI, para la elaboración de gráficos de variación de los niveles.
- Se realizó el cálculo la recarga en el acuífero y se recalculo la disponibilidad hídrica en el mismo.
- Se recopilaron e interpretaron los análisis de calidad de aguas muestreados en la red de monitoreo de pozos del acuífero Potrero.
- Se definieron 4 usos principales para el uso de suelo, los cuales fueron: Bosques, Pastos, Urbano y Extracción de Áridos. Para la digitalización de dichos usos se utilizaron las imágenes satelitales de Google Earth Pro, de los años 2013 y 2021, con respecto a la imagen del 2022 correspondiente al mes de y corroborado y validado mediante giras de campo en el mes de octubre, a una escala 1:2000.
- Análisis de la información aportada por la Subgerencia de Sistemas Periféricos en el estudio denominado “Informe de caracterización y aprovechamiento de los acuíferos costeros de Santa Cruz.” del 2022.

3. Geología Regional

Se describe a continuación la información de carácter regional sobre el tipo de materiales geológicos que se encuentran en la zona de estudio, se reconocen tres unidades, conformada por las siguientes unidades: Basaltos del Complejo de Nicoya, Intrusivo Potrero y los Depósitos Aluviales y Coluviales. La distribución geográfica de estas unidades se puede observar en la Figura 2. Estas unidades geológicas son descritas en los párrafos siguientes.

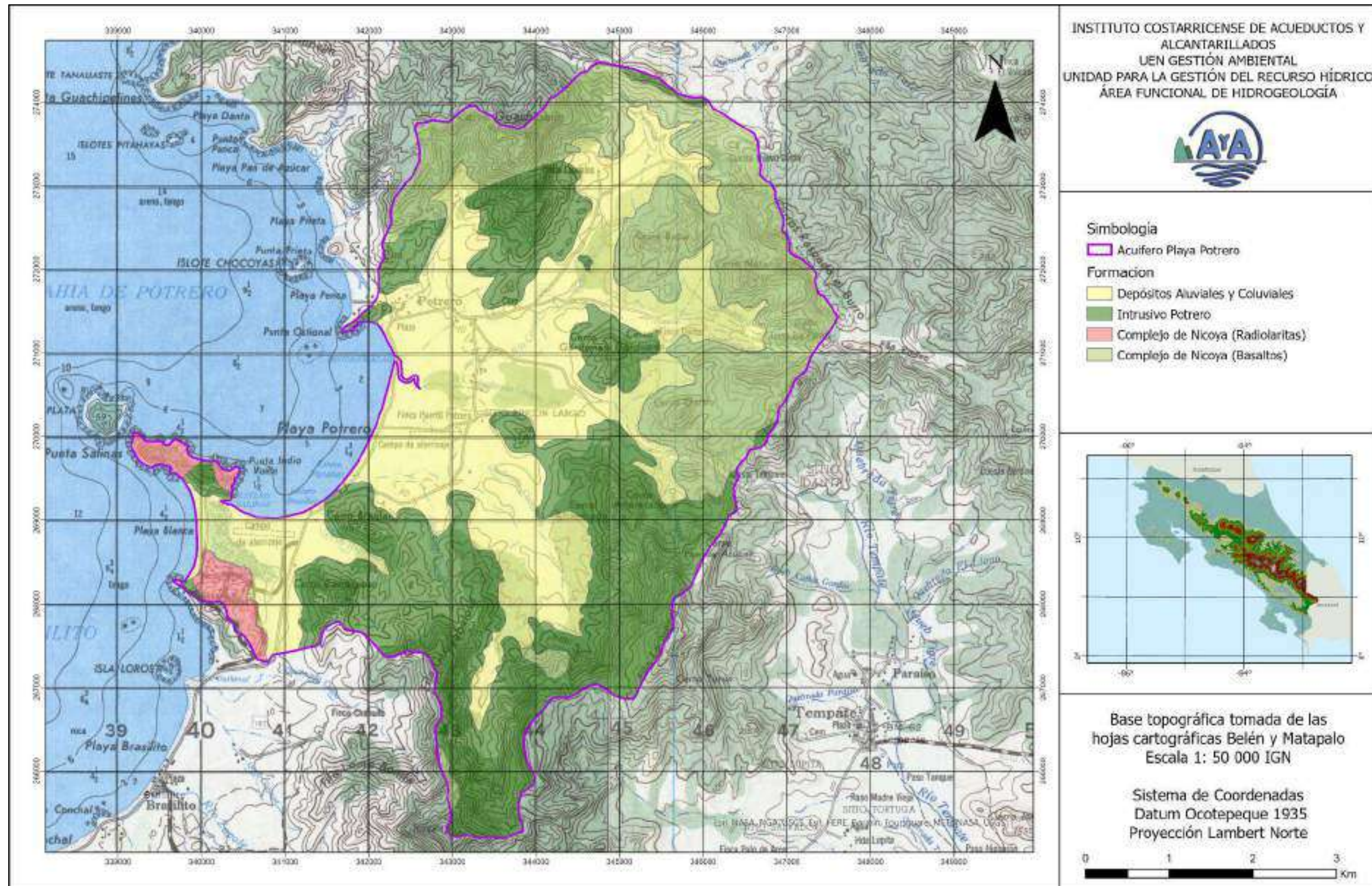


Figura 2: Mapa geológico del área de estudio. Tomado y modificado de Denyer et al. 2014

3.1. Intrusivo Potrero

Definido formalmente por Denyer & Arias (1993) como un cuerpo intrusivo que se encuentra expuesto en forma de diques o “sills”, compuesto por gabros, doleritas, y en menor cantidad plagiogranitos. Son rocas oscuras con textura porfirítica y gran cantidad de minerales máficos con acumulación centimétrica de piroxenos en forma esferoidal, macroscópicamente es difícil diferenciarlos de los basaltos.

Se asocian con diques de doleritas caracterizados por presentar nódulos de Anortositas, con plagioclasas redondeadas sin zonación, que flotan en la roca, mientras los plagiogranitos son blancuzcos con textura holocristalina (Denyer & Arias, 1993).

Intruye tanto a los basaltos como a las radiolaritas que componen el Complejo de Nicoya (Denyer et al., 2014), y se le asigna una edad de Santoniano (Sinton et al., 1997).

3.2. Formación Complejo de Nicoya

Conformado por rocas asociadas al fondo oceánico, el Complejo de Nicoya está compuesto por rocas ígneas tanto volcánicas como intrusivas, así como también por radiolaritas que conforman el basamento regional, y son parte de una secuencia ígnea que constituyen el CLIP (Caribbean Large Igneous Province) (Denyer et al., 2014). El Complejo de Nicoya fue nombrado formalmente por Dengo (1962) y se refiere a las rocas que afloran en toda la Península de Nicoya y también aquellas que se encuentra en varias partes de la costa del Pacífico.

En cuanto al espesor total del complejo Denyer & Arias (1991) mencionan que afloran 1500 m de espesor, sin embargo, Denyer et al. (2014) consideran que no es posible saber con certeza el espesor que corresponde con el Complejo de Nicoya sensu estricto, ya que es posible que por debajo de este existan basaltos de otro origen geotectónico.

- **Basaltos**

Kuijpers (1979) describe a los basaltos del Complejo de Nicoya como rocas masivas, y en menor cantidad almohadillas, hialoclastitas y aglomerados, que frecuentemente contiene minerales secundarios principalmente zeolita, y en menor grado calcita y clorita, lo cual señala que se originaron por un metamorfismo de tipo hidrotermal.

De acuerdo a Tournon (1984) y Wildberg (1984), corresponde con una secuencia de afinidad oceánica, compuesta principalmente de basaltos toleíticos masivos y en almohadillas, diques, brechas de hialoclastita, gabros, ferrogabros, picritas y plagiogranitos, incluyendo granófiros con hedembergita y ferrodoleritas con fayalita.

- **Radiolaritas**

Denyer et al. (2014) describe las radiolaritas del Complejo de Nicoya como capas rojas centimétricas, generalmente plegadas y replegadas, con pliegues isoclinales o de tipo chevron, también, agrega que en las cercanías de los cuerpos ígneos del Complejo de Nicoya se presentan colores verdosos y blancuzcos.

Galli-Olivier (1977) relaciona las rocas con una ofiolita y les asigna una edad de Titoniano medio a Valanginiano, basado en datos bioestratigráficos de las radiolaritas. Además, en la zona con frecuencia se encuentran mineralizaciones de hierro y manganeso en forma de costras y nódulos, las cuales se asocian a radiolaritas del Jurásico Medio al Cretácico Inferior (Kuijpers & Denyer, 1979; Arias & Denyer, 1992). Además, Baumgartner (1984) señala edades para la zonación bioestratigráfica de los radiolarios de entre Calloviense (Jurásico Superior) hasta Valanginiense (Cretácico Inferior).

3.3 Unidad Depósitos Aluviales y Coluviales

Esta unidad se compone de depósitos de arena y grava que conforman los aluviones de las zonas planas en el área de estudio, producto de la erosión de los materiales en la zona montañosa, y transportado por acción de los ríos. Esta unidad presenta un espesor dentro del área de estudio de hasta 22 m.

4. Elementos Climáticos

Para el análisis de las condiciones climatológicas en la región donde se encuentra el área de estudio, se utilizó la información recopilada en 3 estaciones meteorológicas, Estación Potrero propiedad del SENARA, Estación ASADA Artola propiedad del Instituto meteorológico Nacional (IMN) y la Estación Sardinal propiedad del AyA, las cuales cuentan con los datos de promedio mensuales de precipitación. La ubicación espacial de estas estaciones se muestra en el mapa de la Figura 3.

La información sobre la precipitación recopilada en cada estación meteorológica se presenta en el Cuadro 1, donde se muestran los valores promedio mensuales y el promedio anual, mientras que en la Figura 4, se presenta la ubicación espacial de cada estación.

Como se observa en los datos de precipitación promedio anual, se nota una diferencia en la cantidad mensual de precipitación en los meses de junio y julio, entre la estación Potrero en comparación con las otras dos, donde se registran precipitaciones promedio que superan hasta en 100 mm en la estación Potrero, en relación con las otras dos estaciones.

Las diferencias de precipitaciones mostradas entre estas estaciones se deben a las características topográficas en donde se ubican, en el caso de la estación de Potrero, esta se ubica cerca de la costa, a una elevación de 30 m.s.n.m., por lo que la entrada de las nubes no se ve interrumpida por algún sistema montañoso, mientras que las estaciones de Sardinal y de la ASADA de Artola, se encuentran en el tras arco, por lo que presentan una leve disminución en la cantidad de lluvia que ingresa al territorio.

La diferencia observada entre los registros de la estación de Sardinal y de la ASADA de Artola, se debe a las diferencias de elevación entre estas, donde la estación de Sardinal se ubica en una elevación de 47.8 m. s.n.m., mientras que la estación de ASADA Artola está a una altitud de 65 m s.n.m.

A partir de esta información, se evidencia que la estación lluviosa en la zona de estudio se empieza a manifestar a partir del mes de abril, donde se dan las primeras lluvias, y hasta el mes de noviembre, así la estación seca ocurre entre los meses de diciembre hasta mayo. Los meses de más lluvia son setiembre y octubre.

La estación meteorológica que presenta las precipitaciones promedio anuales más altas es la de Potrero, superando los 2000 mm. En cuanto a la estación de la ASADA Artola es la que registra el valor más alto de precipitación promedio mensual, registrado durante los meses de octubre, alcanzando los 584.48 mm.

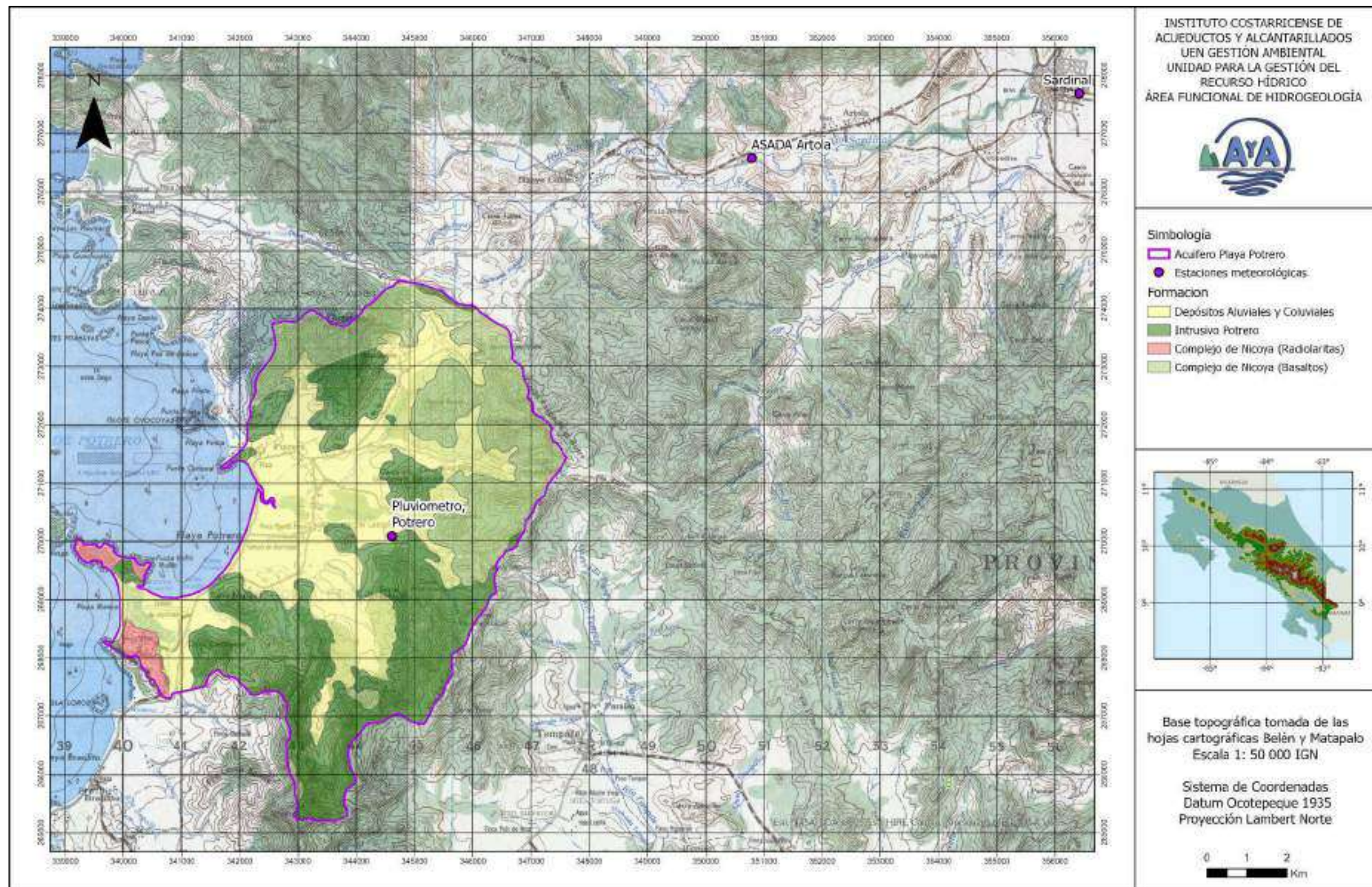


Figura 3: Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas consultadas.

Cuadro 1: Precipitación promedio mensual (mm), en los alrededores de la zona de estudio.

Estación	Periodo	Coordenadas Lambert Norte		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
		Norte	Este													
ASADA Artola (IMN)	2017-2021	276,577	350,790	1.05	0.1	0	34.28	222.04	183.12	134.88	295.48	288.12	584.48	167.28	3.24	1914.07
Potrero (SENARA)	2003-2021	270,090	344,610	0.0	0.7	9.0	30.3	274.0	276.2	222.4	307.1	386.7	510.7	109.5	9.4	2135.91
Sardinal (AyA)	2012-2021	277,688	356,416	0.7	0.1	0.2	24.1	185.8	175	105.9	212.8	261	328.9	97.6	8.7	1400.8

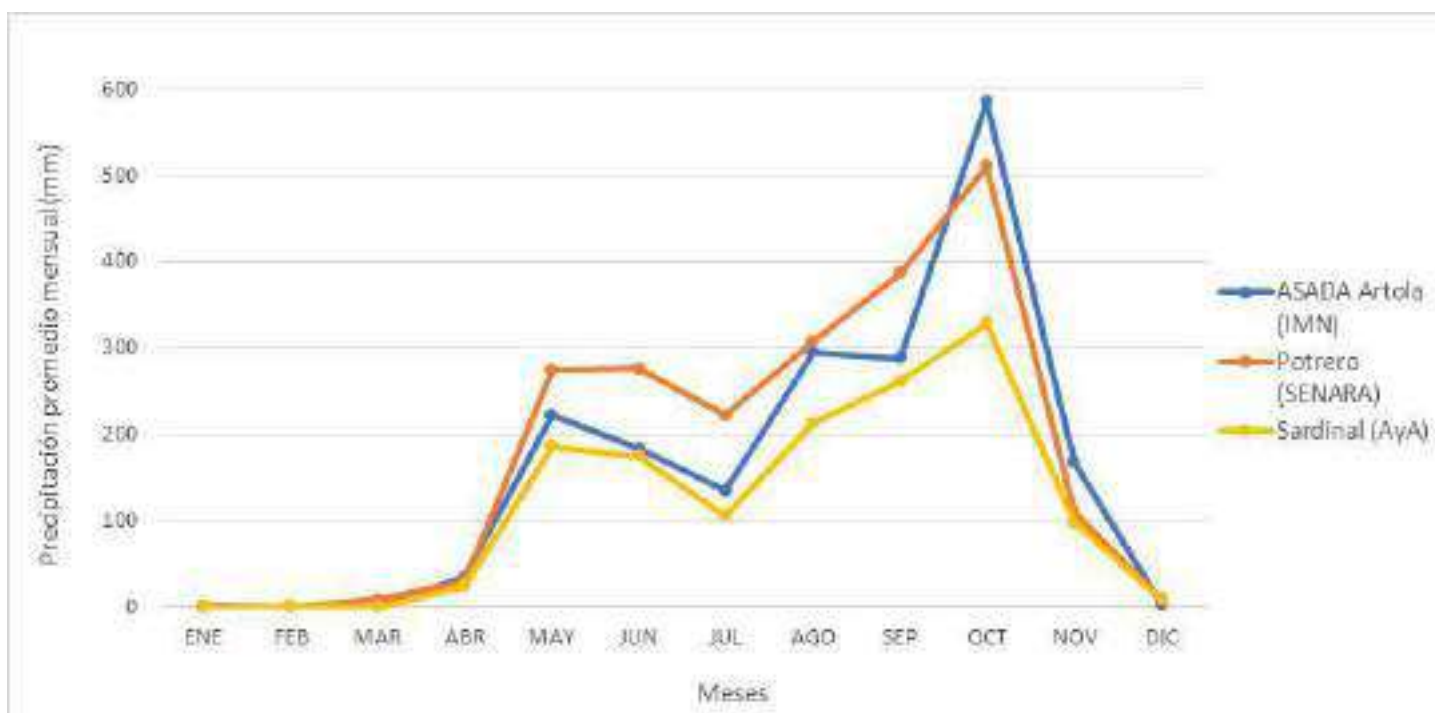


Figura 4: Variación de precipitación promedio mensual en las estaciones meteorológica

5. Condiciones Hidrogeológicas

Para establecer el modelo hidrogeológico en la zona de estudio, se utilizó la base descrita en el informe realizado por SENARA en el 2012. Mediante el análisis de la información recopilada, en la zona de estudio se encuentran dos unidades acuíferas, la primera asociada a los depósitos que conforman los aluviones, mientras que la segunda se encuentra almacenada en las fracturas de las rocas ígneas del Complejo de Nicoya, ambas unidades hidrogeológicas se clasifican como acuíferos libres.

A partir de los registros en los monitoreos de los pozos, los niveles estáticos del acuífero aluvial varían entre los 0.1 m y los 12 m de profundidad, con espesores saturados entre los 2 m y 19 m, donde el gradiente hidráulico es de 0,006 y una dirección de flujo al oeste.

En el acuífero del Complejo de Nicoya los niveles oscilan entre los 3 m y 47 m de profundidad, donde el espesor del acuífero se encuentra entre los 10 m hasta los 41 m, con un gradiente hidráulico igual a 0,04 y una dirección de flujo de sur-suroeste.

En el mapa de la Figura 5, se presentan las curvas isopotenciales tanto del acuífero Aluvial, como del acuífero Complejo de Nicoya.

En el Cuadro 2, se muestra un resumen de las características más relevantes de las unidades hidrogeológicas utilizadas en el presente trabajo, según la recopilación de información, además de lo descrito por SENARA (2012).

Cuadro 2: Resumen de principales características de los acuíferos en el área de estudio.

Característica	Acuífero Aluvial	Acuífero Complejo de Nicoya
Litología	Aluviones	Gabros/Basaltos
Confinamiento hidráulico	Libre	Libre
Espesor Saturado (m)	2-19	10-41
Rendimiento específico	0,08	0,15
Nivel freático	0,1-12	3-47
Gradiente hidráulico	0,006	0,04
Área de extensión (m²)	15186649,3	22007010,2

Fuente: SENARA, 2012.

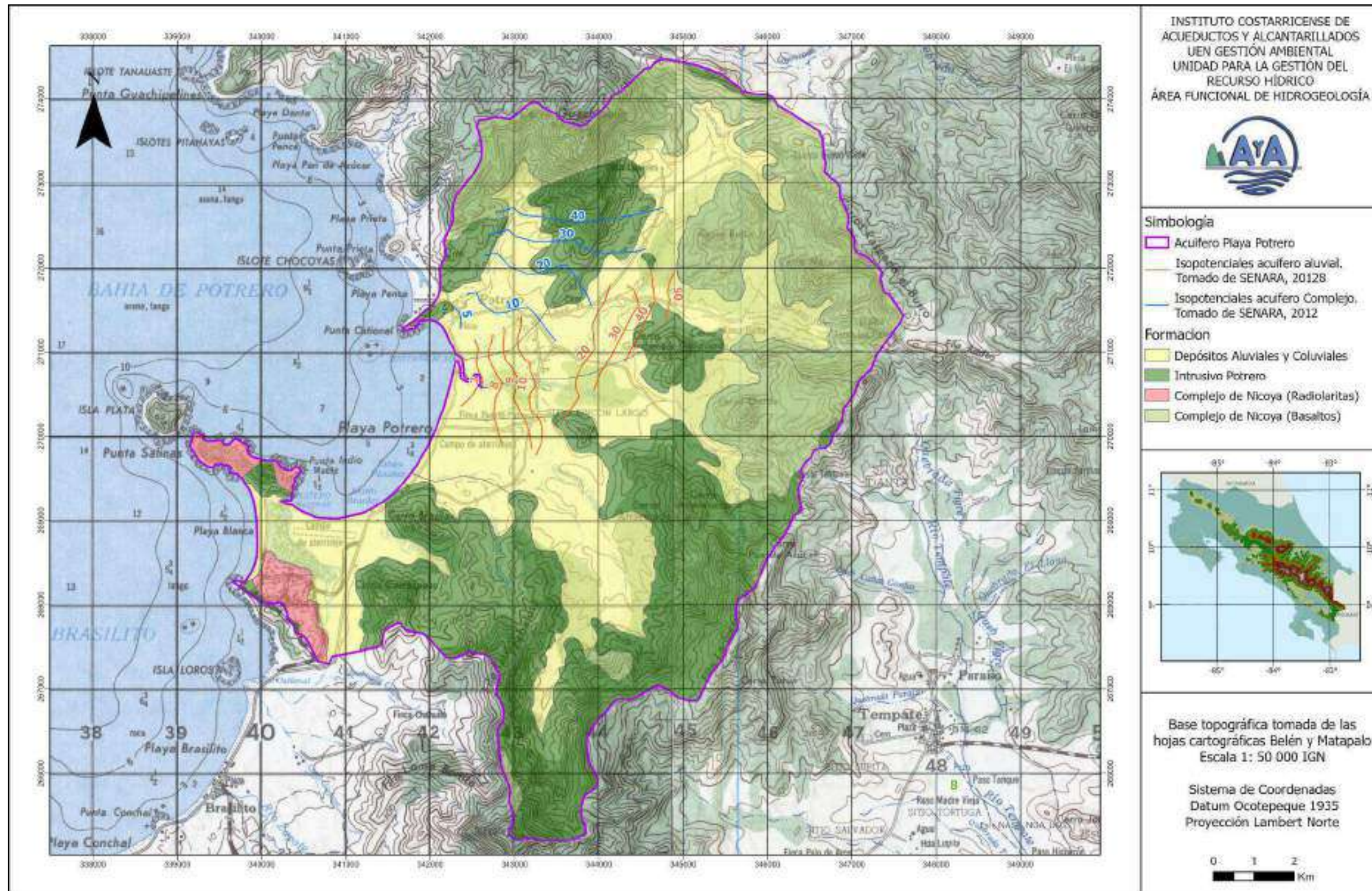


Figura 5: Mapa con elementos hidrogeológicos en el área de estudio.

5.1. Evaluación de la recarga en el acuífero potrero

5.1.1. Estimación de recarga al acuífero para el periodo del 2011

En el informe realizado por SENARA en el 2012, se determina la recarga potencial en el acuífero Potrero según la metodología de Balance Hídrico de Suelos y la recarga mediante Hidrograma de pozos, donde los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Cálculo de la recarga en el acuífero Potrero Resultados SENARA (2012).

Método de balance	Caudal instantáneo (l/s)	Porcentaje de la precipitación (%)
Balance hídrico de suelos	470,14	22,9
Hidrograma de pozos	432,5	21,0

Según estos resultados, se tiene que en el acuífero Potrero para el año 2011, presenta una recarga equivalente entre el 21 % y el 22,9 % de las precipitaciones, con un promedio correspondiente al 21,95 %.

Para el cálculo de la metodología de Hidrograma de pozos, el SENARA (2012), utilizó la información recopilada de los niveles en pozos de la red de monitoreo manual establecida en el acuífero Potrero, con una distribución de 30 pozos los cuales se muestran en el mapa de la Figura 6, con un análisis que comprendió el periodo de medición del año 2011. Como se observa en este mapa, los pozos monitoreados utilizados para este análisis se encuentran captando las unidades hidrogeológicas de los aluviales y del Complejo de Nicoya, por lo que para la estimación de la recarga solamente se tomara en cuenta estas dos unidades.

Los pozos utilizados para el estudio de SENARA se dividen en los pozos que captan la unidad Aluvión (Grupo A), mostrados en el Cuadro 4 y en los pozos que captan la unidad Complejo de Nicoya (Grupo B), mostrados en el Cuadro 5.

Cuadro 4: Red de monitoreo en la unidad aluviones (Grupo A) acuífero Potrero año 2011.

Número	Nombre	Coordenadas Lamber Norte		Tipo de pozo
		Longitud	Latitud	
7	Pozo ASADA Potrero 2	343383	270290	Perforado
9	Casa amarillenta Gerardo Huarte	343177	270182	Perforado
10	Casa blanca Ronald Morales	343249	270239	Perforado
11	Casa Benito Moraga	343286	270679	Excavado

12	Casa Rodrigo Vásquez Contreras	343337	270725	Excavado
25	Tanque de agua de hotel 1	341555	268765	Excavado
26	Tanque de agua de hotel 2	341555	268765	Perforado
27	Proyecto La Alegría 1	341372	268768	Perforado
28	Proyecto La Alegría 2	341453	268834	Perforado
31	AyA Flamingo	343105	269964	Perforado
32	Potrero. al otro lado de cerca Don Eligio	342592	270880	Excavado
50	Casa Alvaro Chinchilla	343247	270198	Perforado
51	Casa Ángela Peralta	343249	271440	Excavado
52	Dominic D'arcy	343254	271376	Excavado
54	Casa Edier Peralta	343322	270291	Excavado
57	Bar Rest. Conchita	342580	270236	Perforado
58	AyA Flamingo Pozo 2 – Cuitito	340740	268005	Perforado
75	Pozo en potrero al lado de abrevadero	342454	271083	Excavado
82	ASADA Surfside 2	343076	270075	Perforado

Cuadro 5: Red de monitoreo en la unidad Complejo de Nicoya (Grupo B) acuífero Potrero año 2011.

Número	Nombre	Coordenadas Lamber Norte		Tipo de pozo
		Longitud	Latitud	
2	Finca Los Laureles 1	344769	273173	Excavado
5	Casa Ermida Peralda	344722	272675	Excavado
13	Casa J. M. Caravaca Rodríguez	343300	271028	Excavado
17	Casa Cecilia Rojas	343449	271131	Excavado
33	Casa Danny Moreno	342311	271489	Excavado
34	Casa Antonio Moreno Canales 1	342317	271441	Excavado
35	Casa Antonio Moreno Canales 2	342366	271417	Excavado
55	Casa Angel Moreno Caravaca	342346	271589	Excavado
76	Cabinas Marcell (MTP-354)	342395	271376	Excavado
77	Casa María Elza Peralta	342379	271497	Excavado
81	Hotel Esmeralda 2	342398	271524	Excavado

A partir de la información utilizada por SENARA para su estudio en el 2012, se recalculará la disponibilidad hídrica en el acuífero Potrero, considerando la información actualizada de la medición manual de los pozos en la red de monitoreo establecida por el CTI en el acuífero Potrero, utilizando la metodología de Hidrograma de pozos. Esta recarga en el acuífero será determinada para el periodo de tiempo que abarca del año 2011 al año 2021. Los resultados de este cálculo se detallan en la sección 5.1.2 de este apartado.

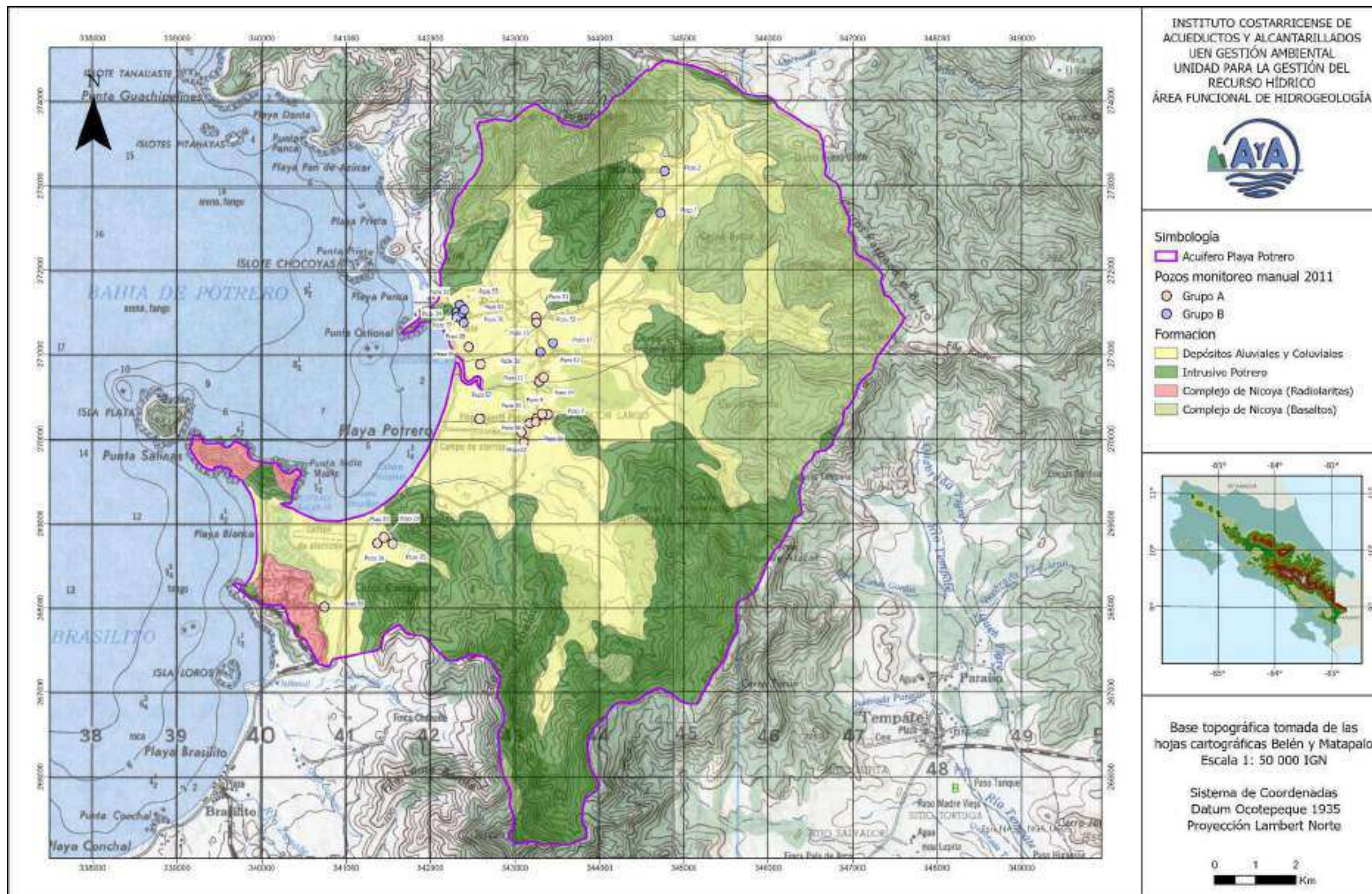


Figura 6: Ubicación de pozos con monitoreo manual en el acuífero Potrero utilizados para el cálculo de la recarga del año 2011

5.1.2 Estimación de recarga al acuífero para el periodo del año 2011 al 2021

Para determinar la recarga que se presenta en el acuífero, se utilizará la metodología del análisis por Hidrogramas de Pozos definida por Healy & Cook (2002), la cual consiste en graficar los registros en los niveles de los pozos de monitoreo y definir las diferencias de elevación en los niveles estáticos, entre el punto de mayor elevación y el punto mínimo de la línea extrapolada de recesión al momento de presentarse el ascenso, definiéndose así la variación en la tabla del agua, definida como Δh .

Este valor de la variación en la tabla de agua se multiplica por el valor del rendimiento específico de la unidad hidrogeológica, en la cual se encuentra almacenada el agua definida como S_y , y así obtener el valor de recarga como lámina de agua. Se utilizó como referencia el valor del rendimiento específico planteado en el estudio del SENARA (2012), siendo para el acuífero aluvial igual a 0,08, mientras que para el acuífero del Complejo de Nicoya es de 0,15. Esta lámina de agua calculada, se extiende por toda el área que corresponde a cada material, por lo que, al multiplicar la lámina de agua por el área de extensión en área de cada acuífero, se obtiene como resultado final el volumen de agua neta recargada en ese periodo de tiempo.

Lo descrito anteriormente se puede expresar mediante la siguiente formula:

$$R=a*S_y*\Delta h$$

Donde

R: Recarga neta

a: Área de extensión del acuífero

S_y : Coeficiente de almacenamiento

Δh : Variación en la tabla de agua

La metodología de Recarga con Base en Histogramas de Pozos, utilizada en el estudio del SENARA (2012), tomó como base la información de los niveles registrados en el monitoreo de pozos ubicados en el acuífero Potrero. Para realizar el análisis en el presente estudio, se utilizará la información registrada en esta red de monitoreo para los años entre el 2011 al 2021. Se indica además que, luego de analizar la información disponible de niveles en los pozos del monitoreo, no se cuenta con información para realizar este análisis para los años del 2012 al 2016.

Además, se realizó una depuración de datos para aquellos pozos que no cumplían con la información necesaria según lo que determina la metodología: a) pozos con datos reducidos que no permita establecer las tendencias en los descensos y ascensos en los niveles b) pozos con bombeo, sea continuo o no continuo, con el fin de evitar errores de cálculo, inducidos por lecturas tomadas durante la recuperación del nivel de agua en el pozo.

Para realizar este análisis, se utilizó el registro de niveles estáticos en 16 pozos que mantienen una medición manual constante en la red de monitoreo del acuífero Potrero. La ubicación espacial de estos pozos se muestra en la Figura 7.

La información de los niveles registrados en los pozos utilizados para realizar estos cálculos, se muestran en el Anexo 2. A partir de estos niveles, se construyeron los gráficos de variación mostrados en el Anexo 3. El resultado correspondiente para cada pozo en su respectivo año de medición se observa en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Variación en los niveles estáticos de los pozos en la red de monitoreo del acuífero Potrero para los años del 2011 al 2021.

	Nombre	Variación por año						
		2011	2012	2017	2018	2019	2020	2021
5	Casa Ermida Peralda	6.1	-	6	6.1	5.5	9.4	5.45
10	Casa blanca Ronald Morales	5.5	-	3.45	-	-	-	-
11	Casa Benito Moraga	1.9	-	4.1	2.4	3	4.4	1.85
21	Hotel Villagio	-	-	6.57	11.74	-	12.26	-
25	Tanque de agua Hotel 1	4.7	6.2	3.8	6.25	5.85	5.5	3.95
29	AyA Flamingo 1 Cangrejo	-	-	11.4	7.65	7.85	10.05	6.75
31	AyA Flamingo	7.95	-	-	-	-	-	-
32	Potrero. al otro lado de cerca Don Eligio	1.5	-	3.45	1.75	2.25	2.15	1.8
35	Casa Antonio Moreno Canales 2	-	-	2.1	-	5.05	2.75	1.1
55	Casa Ángel Moreno Caravaca	2.75	-	3.4	2.65	8.7	4.2	2.06
57	Bar Rest. Conchita	4	2.8	-	-	-	4.6	2.65
58	AyA Flamingo Pozo 2 – Cuitito	-	-	9.9	7.65	8.4	9.35	6
75	Pozo en potrero al lado de abrevadero	1.7	-	2.7	1.55	2.1	1.9	1.75
76	Cabinas Marcell (MTP-354)	3.4	-	2.7	3.55	3.3	4.2	2.15
81	Hotel Esmeralda 2	4.16	-	3.25	3.7	-	-	-
0	Pozo ASADA Potrero 3	-	-	-	9	-	-	-

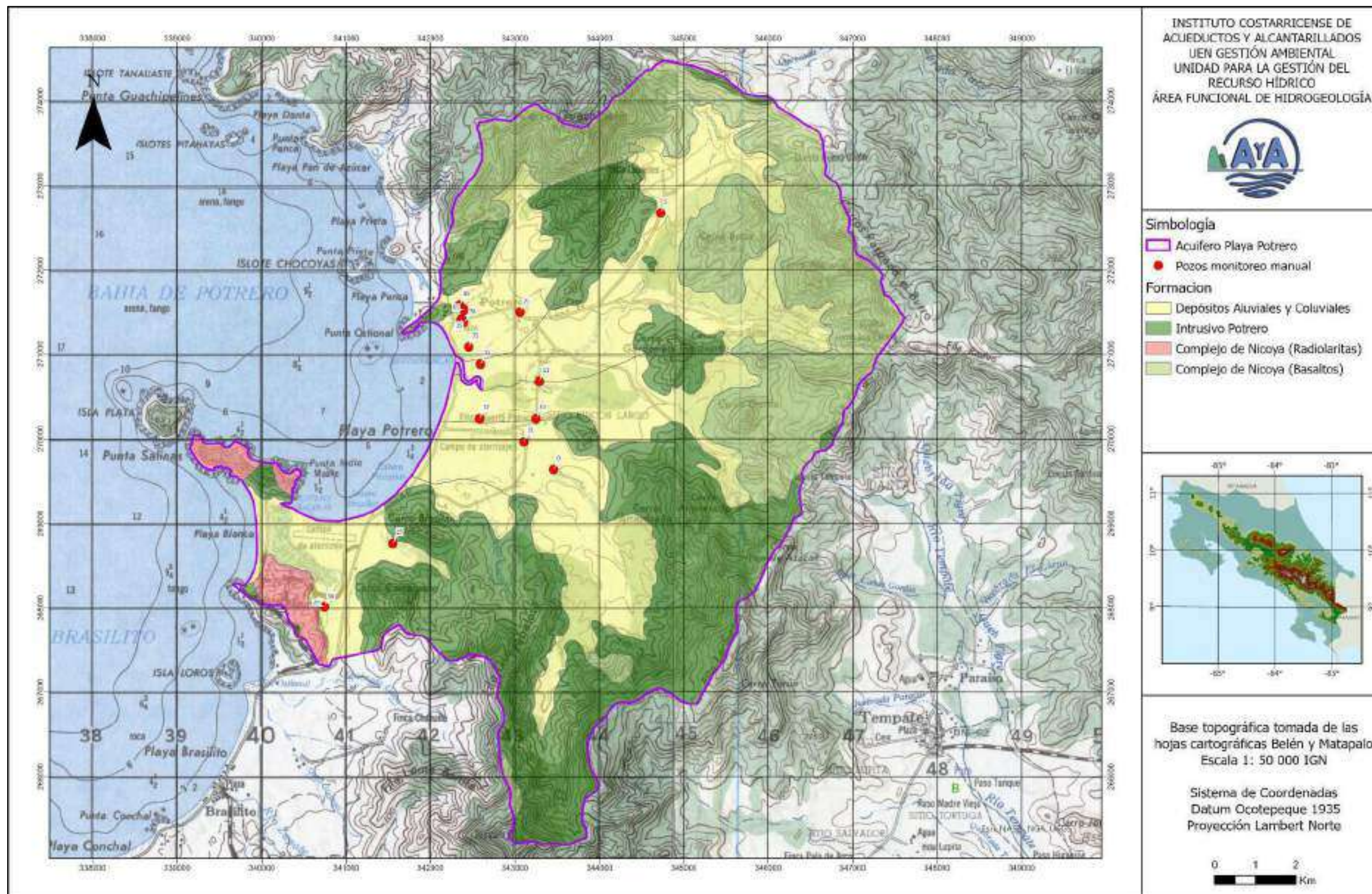


Figura 7: Ubicación de pozos utilización para el cálculo de recarga entre los años 2011-2021.

Para este estudio, se utilizó la información obtenida en el pozo ASADA Potrero 3, el cual tiene un registro de información a partir del año 2017.

En concordancia con lo expuesto por SENARA (2012), estos pozos se dividieron según la unidad hidrogeológica que se encuentran captando, los cuales se describen a continuación.

GRUPO A

En el Cuadro 7, se muestran los 12 pozos que se encuentran captando los aluviones, los cuales presentan una variación en los niveles entre los 1.5 m y los 12.26 m. Para el cálculo de la recarga en este acuífero, se utilizó un valor de rendimiento específico igual a 0,15, según lo expuesto por SENARA (2012).

Cuadro 7: Agrupación de pozos captando unidad hidrogeológica Aluvión.

Número	Nombre	Variación por año						
		2011	2012	2017	2018	2019	2020	2021
10	Casa blanca Ronald Morales	5.5	-	3.45	-	-	-	-
11	Casa Benito Moraga	1.9	-	4.1	2.4	3	4.4	1.85
21	Hotel Villagio	-	-	6.57	11.74	-	12.26	-
25	Tanque de agua Hotel 1	4.7	6.2	3.8	6.25	5.85	5.5	3.95
29	AyA Flamingo 1 Cangrejo	-	-	11.4	7.65	7.85	10.05	6.75
31	AyA Flamingo	7.95	-	-	-	-	-	-
32	Potrero. al otro lado de cerca Don Eligio	1.5	-	3.45	1.75	2.25	2.15	1.8
57	Bar Rest. Conchita	4	2.8	-	-	-	4.6	2.65
58	AyA Flamingo Pozo 2 – Cuitito	-	-	9.9	7.65	8.4	9.35	6
75	Pozo en potrero al lado de abrevadero	1.7	-	2.7	1.55	2.1	1.9	1.75
76	Cabinas Marcell (MTP-354)	3.4	-	2.7	3.55	3.3	4.2	2.15
0	Pozo ASADA Potrero 3	-	-	-	9	-	-	-

GRUPO B

En el Cuadro 8, se muestran los 4 pozos que se encuentran captando la unidad hidrogeológica de los gabros (Complejo de Nicoya), donde se tiene que las variaciones registradas en el periodo del 2011 al 2021 se encontraron entre los 1.1 m a los 9.4 m. El rendimiento específico utilizado para los cálculos de recarga en este acuífero es de 0,08 en concordancia con lo expuesto por SENARA (2012).

Cuadro 8: Agrupación de pozos captando unidad hidrogeológica Complejo de Nicoya.

Número	Nombre	Variación por año					
		2011	2017	2018	2019	2020	2021
5	Casa Ermida Peralda	6.1	6	6.1	5.5	9.4	5.45
35	Casa Antonio Moreno Canales 2	-	2.1	-	5.05	2.75	1.1
55	Casa Ángel Moreno Caravaca	2.75	3.4	2.65	8.7	4.2	2.06
81	Hotel Esmeralda 2	4.16	3.25	3.7	-	-	-

Para la aplicación de la fórmula del cálculo de la recarga, es necesario utilizar un valor de la variación en la tabla de agua del acuífero que sea representativo según lo registrado en cada pozo. Para esto se utilizará el método estadístico del cálculo de la media armónica para la serie de datos a utilizar.

Este método de ponderación se utiliza cuando se cuentan con pocos registros de niveles, y en algunos se presentan valores de variación muy elevados en comparación con el resto del conjunto de datos, por lo que, el método de media armónica refleja un valor más representativo. Este método estadístico se menciona según los autores Spiegel & Stephens (1961) y se rige bajo la siguiente fórmula, la cual se expresa como la fracción del total de datos utilizados entre la sumatoria de los inversos para cada conjunto de datos analizados.

$$H = \frac{N}{\sum \frac{1}{X}}$$

Donde

H: media armónica

N: Total del conjunto de datos

X: Valor

En el Cuadro 9, se presentan las variaciones en los niveles determinadas en los pozos utilizados para la aplicación de la metodología. Se puede observar cómo las variaciones más altas se dieron en los años del 2019 y 2020, mientras que en los años del 2011 y 2021, se determinaron las variaciones promedio más bajas.

Cuadro 9: Variación de los niveles en los pozos de la red de monitoreo.

Grupo	Unidad hidrogeológica	Variación por pozos	Media armónica
Año 2011			
A	Aluviones	10 (5.5), 11 (1.9), 25 (4.7), 31 (7.95), 32 (1.5), 75 (1.7), 76 (3.4)	2.81
B	Complejo de Nicoya	5 (6.1), 55 (2.75), 81 (4.16)	3.91
Año 2017			
A	Aluviones	10 (3.45), 11 (4.1), 21 (6.57), 25 (3.8), 29 (11.4), 32 (3.45), 58 (9.9), 75 (2.7), 76 (2.7)	4.15
B	Complejo de Nicoya	5 (6), 35 (2.1), 55 (3.4), 81 (3.25)	3.21
2018			
A	Aluviones	11 (2.4), 21(11.74), 25 (6.25), 29 (7.65), 32 (1.75), 58 (7.65), 75 (1.55), 76 (3.55), 0 (9)	3.55
B	Complejo de Nicoya	5 (6.1), 55 (2.65), 81 (3.7)	3.7
2019			
A	Aluviones	11 (3), 25 (5.85), 29 (7.85), 32 (2.25), 58 (8.4), 75 (2.1), 76 (3.3)	3.55
B	Complejo de Nicoya	5 (5.55), 35 (5.05), 55 (8.7)	6.06
2020			
A	Aluviones	11 (4.4), 21 (12.26), 25 (5.5), 29 (10.05), 32 (2.15), 57 (4.6), 58 (9.35), 75 (1.9), 76 (4.2)	4.2
B	Complejo de Nicoya	5 (9.4), 35 (2.75), 55 (4.2)	4.24
2021			
A	Aluviones	11 (1.8), 25 (3.95), 29 (6.75), 32 (1.8), 57 (2.65), 58 (6), 75 (1.75), 76 (2.15)	2.6
B	Complejo de Nicoya	5 (5.45), 35 (1.1), 55 (2.06)	1.9

La estimación del volumen de agua recarga mediante el método de hidrogramas de pozos, consiste en la multiplicación de tres parámetros, los cuales se indican en la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen} = \text{área (m}^2\text{)} * \text{variación (m)} * \text{rendimiento específico}$$

El valor del área de cada unidad hidrogeológica se utilizará el mismo indicado en el estudio del SENARA del 2012, al igual que el rendimiento específico de cada acuífero.

Al sustituir los parámetros de esta ecuación por su respectivo valor se tiene el volumen de agua recargada anualmente en cada año de monitoreo. En el Cuadro 10, se muestran los parámetros utilizados en cada acuífero para obtener los resultados de la recarga.

Cuadro 10: Parámetros para el cálculo de la recarga.

Grupo	Unidad hidrogeológica	Área (m ²)	Rendimiento específico	Variación promedio por año (m)					
				2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluviones	13945585.33	0.15	2.81	4.15	3.55	3.55	4.20	2.60
B	Complejo de Nicoya	21671121.92	0.08	3.91	3.21	3.70	6.06	4.24	1.90

Utilizando estos valores, se presentan los resultados obtenidos para cada año en análisis, en el Cuadro 11 en m³, mientras que en el Cuadro 12, se presentan en l/s.

Cuadro 11: Volumen de recarga en los acuíferos por año en m³.

Grupo	Acuífero	Año					
		2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Depósito Aluvial	5880686.25	8682035.95	7433462.02	7416456.08	8780912.89	5436912.80
B	Complejo de Nicoya	6772618.86	5571577.35	6408705.25	10511871.69	7344954.34	3295958.80
	Volumen total de recarga	12653305.11	14253613.30	13842167.28	17928327.77	16125867.23	8732871.60

Cuadro 12: Volumen de recarga en los acuíferos por año en l/s.

Grupo	Acuífero	Volumen de recarga por año (l/s)					
		2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Depósito Aluvial	186.35	275.12	235.55	235.01	278.25	172.29
B	Complejo de Nicoya	214.61	176.55	203.08	333.10	232.75	104.44
	Volumen total de recarga	400.96	451.67	438.63	568.11	511.00	276.73

La metodología de la recarga por hidrograma de pozos (Healy & Cook, 2002), se basa en un análisis de las variaciones en los niveles de los acuíferos, los cuales muestran la respuesta directa ante los esfuerzos que experimenta el acuífero por la extracción de agua, o cualquier otra descarga natural del acuífero, por lo que el efecto de la extracción sobre la recarga ya se encuentra incluida dentro del análisis.

Ante esto, se determina que en el acuífero Potrero se tienen valores de recarga, en el periodo del año 2011 al 2021, que se encuentran entre los 276.73 l/s y los 568.11 l/s. Se indica que los años del 2019 al 2020 fueron los que presentaron mayores valores, de recarga, superando los 500 l/s, mientras que, en el año 2021, fue el año que presentó una menor recarga, alcanzando los 276.73 l/s.

5.2 Rendimiento sostenible y caudal disponible

El rendimiento sostenible de explotación en el acuífero se puede expresar como un porcentaje de la recarga, para el cual se recomienda un valor del 40% (Ponce, 2007). Para realizar este cálculo, se utilizan los datos de la recarga calculados en el apartado anterior por medio de la metodología de hidrograma de pozos, aplicando la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{disponible}} = Q_{\text{recarga}} - Q_{\text{reserva}} - Q_{\text{aprovechado}}$$

Por lo tanto, el caudal de reserva será del 60%, mientras que el caudal aprovechado no se considera para este cálculo, ya que la metodología de la recarga por hidrograma de pozos toma en consideración este parámetro.

Al sustituir los valores de recarga para cada uno de los años calculados en el apartado anterior, se tienen los resultados mostrados en el Cuadro 13.

Cuadro 13: Caudal disponible en el acuífero Potrero.

Año	Q _{Recarga} (l/s)	Q _{Reserva 60 %} (l/s)	Q _{Aprovechable 40 %} (l/s)	Q _{Disponible} (l/s)
2011	400.96	240.58	160.38	160.38
2017	451.67	271	180.67	180.67
2018	438.63	263.18	175.45	175.45
2019	568.11	340.87	227.25	227.25
2020	511	306.6	204.4	204.4
2021	276.73	166.04	110.69	110.69

Se indica en el Cuadro 13, según la metodología de cálculo de recarga por medio de hidrograma de pozos, que en el Acuífero Potrero entre los años del 2011 al 2021 se han tenido caudales disponibles para el aprovechamiento que varía entre los 110.69 l/s hasta los 227.25 l/s por año.

Esta diferencia se debe principalmente a que el cálculo realizado en este estudio tomó en consideración un promedio de varios años de medición y no solamente utilizando un año, como se realizó en el estudio de SENARA (2012).

5.3 Evaluación de la recarga por microcuenca en el acuífero Potrero

Para un mayor detalle de la información de la recarga calculada y el caudal disponible en el acuífero Potrero, se realizará una división del acuífero en microcuencas y para establecer la recarga en cada una de estas áreas, tomando en cuenta la misma metodología de hidrograma de pozos establecida en el apartado anterior, para los pozos que se encuentren dentro de cada sector. El acuífero Potrero se delimitó en 6 microcuencas, las cuales se observan en el mapa de la Figura 8.

➤ Subcuenca Pilas.

Dentro de esta subcuenca se encuentran 6 pozos que fueron utilizados para el cálculo de recarga por hidrograma. Según los datos calculados para estos pozos en el apartado anterior, se muestra las variaciones en los niveles en el Cuadro 14.

Cuadro 14: Variaciones del nivel estático en pozos subcuenca Pilas.

Grupo	Acuífero	Pozo	Variación por año (m)					
			2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluvión	Pozo en potrero al lado de abrevadero	1.7	2.7	1.55	2.1	1.9	1.75
		Cabinas Marcell (MTP-354)	3.4	2.7	3.55	3.3	4.2	2.15
		Hotel Villagio	-	6.57	11.74	-	12.26	
B	Complejo de Nicoya	Casa Antonio Moreno Canales 2	-	2.1	-	5.05	2.75	1.1
		Casa Ángel Moreno Caravaca	2.75	3.4	2.65	8.7	4.2	2.06
		Hotel Esmeralda 2	4.16	3.25	3.7	-	-	-

Para conocer el caudal que se recarga dentro de esta subcuenca, se utilizará la media armónica de todo el conjunto de datos para cada año registrado mostrado en el Cuadro 14, para cada uno de los acuíferos presentes, por lo cual, se tiene en el Cuadro 15 los parámetros a utilizar.

Cuadro 15: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Pilas.

Grupo	Acuífero	Área (m ²)	Rendimiento específico	Variación promedio por año (m)					
				2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluvión	1562855.68	0.15	2.27	3.36	2.96	2.57	3.55	1.93
B	Complejo de Nicoya	2500069.95	0.08	3.31	2.78	3.09	6.39	3.32	1.43

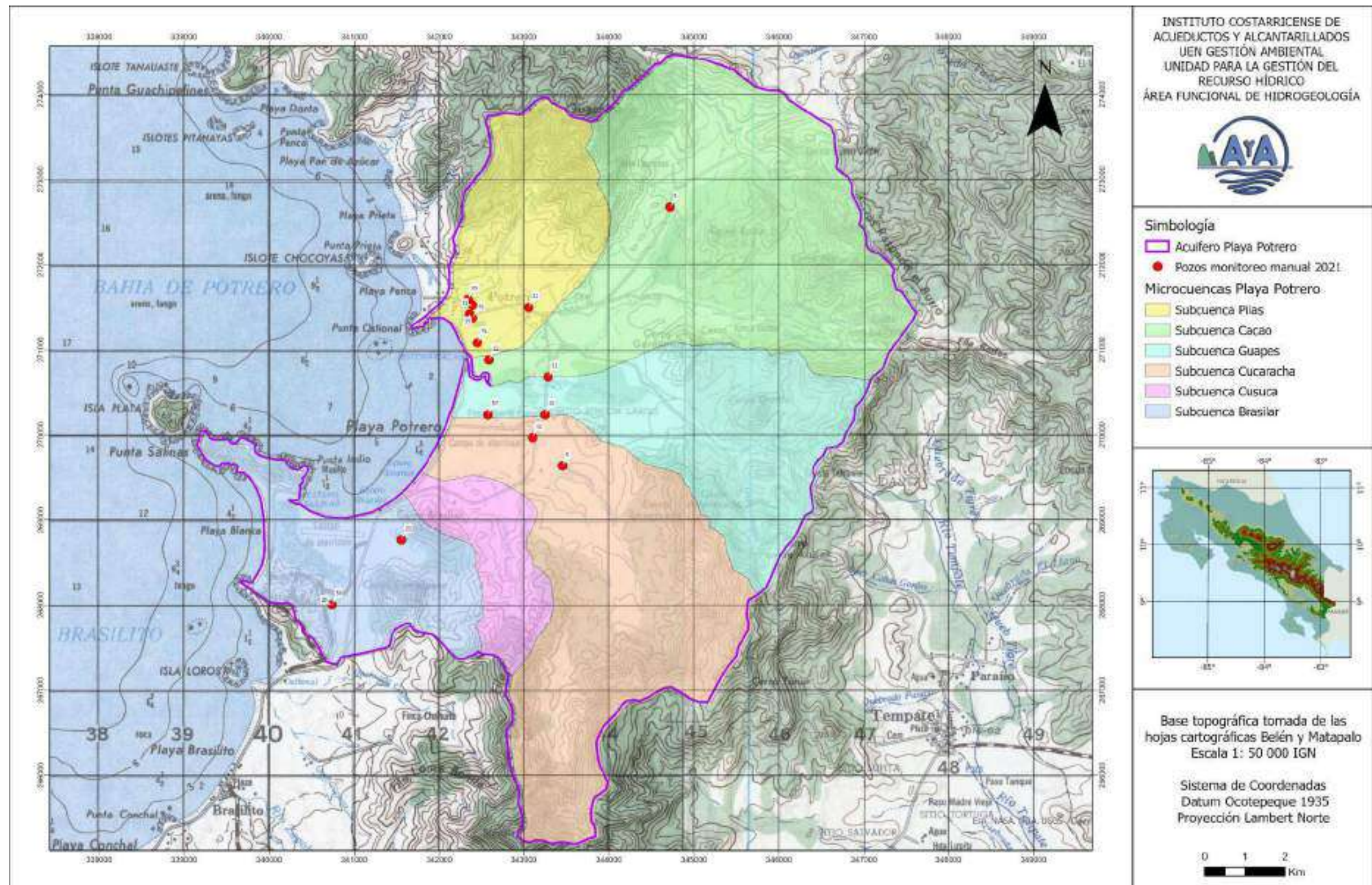


Figura 8: División del acuífero Potrero en microcuencas.

De acuerdo con lo mostrado en los cuadros anteriores, se presenta en el Cuadro 16, el resultado de la recarga mostrada en los acuíferos dentro de la subcuenca Pilas. Se indica que la recarga para el acuífero aluvial durante el periodo de tiempo del año 2011 al 2021, presentó valores entre los 14.33 l/s hasta los 26.34 l/s, donde el registro más alto se dio en el año 2020 y el más bajo fue en el año 2021 respectivamente.

Para el acuífero del Complejo de Nicoya, los valores de recarga se encontraron desde los 9.09 l/s hasta los 40.5 l/s, con el registro más alto en el año 2019 y el más bajo para el año 2021.

De esta información se indica entonces, que el volumen de recarga total para esta subcuenca varió entre los 23.42 l/s registrado en el 2021 hasta los 59.57 l/s registrado en el 2019.

Cuadro 16: Volumen de recarga por año en subcuenca Pilas.

Grupo	Acuífero	Volumen de recarga por año (l/s)					
		2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Depósito Aluvial	16.84	24.96	22.02	19.07	26.34	14.33
B	Complejo de Nicoya	20.99	17.64	19.57	40.50	21.07	9.09
	Volumen total de recarga	37.82	42.60	41.59	59.57	47.41	23.42

Teniendo en cuenta estos valores de recarga, se muestra en el Cuadro 17, los caudales de reserva y caudales aprovechables en la subcuenca Pilas para cada uno de los años calculados. El caudal de reserva será del 60%, por lo que el caudal aprovechable será del 40% del caudal de recarga calculado.

Cuadro 17: Caudal disponible en la subcuenca Pilas.

Año	Q _{Recarga} (l/s)	Q _{Reserva 60 %} (l/s)	Q _{Aprovechable 40 %} (l/s)	Q _{Disponible} (l/s)
2011	37.82	22.69	15.13	15.13
2017	42.6	25.56	17.04	17.04
2018	41.59	24.96	16.64	16.64
2019	59.57	35.74	23.83	23.83
2020	47.41	28.45	18.96	18.96
2021	23.42	14.05	9.37	9.37

➤ **Subcuenca Cacao.**

Dentro de esta subcuenca se encuentran 3 pozos que fueron utilizados para el cálculo de recarga por hidrograma. Según los análisis de los registros de niveles obtenidos para estos pozos, se muestra las variaciones en los niveles en el Cuadro 18.

Cuadro 18: Variaciones del nivel estático en pozos subcuenca Cacao.

Grupo	Acuífero	Pozo	Variación por año (m)					
			2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluvión	Casa Benito Moraga	1.9	4.1	2.4	3	4.4	1.85
		Potrero. al otro lado de cerca Don Eligio	1.5	3.45	1.75	2.25	2.15	1.8
B	Complejo de Nicoya	Casa Ermida Peralda	6.1	6	6.1	5.5	9.4	5.45

Para conocer el caudal que se recarga dentro de esta subcuenca, se utilizará la media armónica de todo el conjunto de datos para cada año registrados mostrados en el Cuadro 18, para cada uno de los acuíferos presentes. Por lo cual se tiene en el Cuadro 19, los parámetros a utilizar.

Cuadro 19: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Cacao.

Grupo	Acuífero	Área (m ²)	Rendimiento específico	Variación promedio (m)					
				2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluvión	4467365.04	0.15	1.68	3.75	2.02	2.57	2.89	1.82
B	Complejo de Nicoya	6609177.77	0.08	6.10	6.00	6.10	5.50	9.40	5.45

De acuerdo con lo mostrado en los cuadros anteriores, se presenta en el Cuadro 20, el resultado de la recarga mostrada en los acuíferos dentro de la subcuenca Cacao. Se indica que la recarga para el acuífero aluvial entre el año 2011 al 2021, presentó valores de los 35.6 l/s hasta los 79.57 l/s, donde el registro más alto se dio en el año 2017 y el más bajo fue en el año 2011 respectivamente.

Para el acuífero del Complejo de Nicoya, los valores de recarga se encontraron desde los 91.31 l/s hasta los 157.49 l/s, con el registro más alto en el año 2020 y el más bajo para el año 2021.

De esta información se indica entonces, que el volumen de recarga total para esta subcuenca varió entre los 130.06 l/s registrado en el 2021 hasta los 218.83 l/s registrado en el 2020.

Cuadro 20: Volumen de recarga en microcuenca Cacao.

Grupo	Acuífero	Volumen de recarga por año (l/s)					
		2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Depósito Aluvial	35.60	79.57	42.98	54.60	61.34	38.75
B	Complejo de Nicoya	102.2	100.53	102.20	92.15	157.49	91.31
	Volumen total de recarga	137.8	180.09	145.18	146.75	218.83	130.06

Teniendo en cuenta estos valores de recarga, se muestra en el Cuadro 21, los caudales de reserva y caudales aprovechables en la subcuenca Cacao para cada uno de los años calculados. El caudal de reserva será del 60%, por lo que el caudal aprovechable será del 40% del caudal de recarga calculado.

Cuadro 21: Caudal disponible en la subcuenca Cacao.

Año	Q _{Recarga} (l/s)	Q _{Reserva 60 %} (l/s)	Q _{Aprovechable 40 %} (l/s)	Q _{Disponible} (l/s)
2011	137.8	82.68	55.12	55.12
2017	18.09	108.06	72.04	72.04
2018	145.18	87.11	58.07	58.07
2019	146.75	88.05	58.7	58.7
2020	218.83	131.3	87.53	87.53
2021	130.06	78.03	52.02	52.02

➤ **Subcuenca Guapes.**

Dentro de esta subcuenca se encuentran 2 pozos captando el acuífero aluvión que fueron utilizados para el cálculo de recarga por hidrograma. Según los análisis de los registros de niveles obtenidos para estos pozos, se muestra las variaciones en los niveles en el Cuadro 22.

Cuadro 22: Variaciones del nivel estático en pozos subcuenca Guapes.

Grupo	Acuífero	Pozo	Variación por año (m)					
			2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluvión	Casa blanca Ronald Morales	5.5	3.45	-	-	-	-
		Bar Rest. Conchita	4	-	-	-	4.6	2.65
B	Complejo de Nicoya	Casa Antonio Moreno Canales 2	-	2.1	-	5.05	2.75	1.1
		Casa Ángel Moreno Caravaca	2.75	3.4	2.65	8.7	4.2	2.06
		Hotel Esmeralda 2	4.16	3.25	3.7	-	-	-

Para el caso del acuífero Complejo de Nicoya, dentro de esta subcuenca no se encuentra ningún pozo captando esta unidad hidrogeológica, por lo que se utilizará la media armónica en los niveles obtenido para este acuífero en la subcuenca Pilas, los cuales captan la misma unidad hidrogeológica, ya que en ambas cuencas presentan las mismas condiciones geológicas.

Mientras que, para el acuífero aluvial, en los años 2018 y 2019, no se cuenta con información de variación en los niveles para poder calcular la recarga, por lo que en estos años se va a utilizar la variación en los niveles calculada en este mismo periodo de tiempo en la subcuenca Cacao, según se observa en el Cuadro 19, ya que las condiciones geológicas son las mismas en ambas subcuencas.

Por lo cual, para conocer el caudal que se recarga dentro de esta subcuenca, se utilizará la media armónica para cada año registrados mostrados en el Cuadro 22, para cada uno de los acuíferos presentes. Por lo cual, se tiene en el Cuadro 23, los parámetros a utilizar.

Cuadro 23: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Guapes.

Grupo	Acuífero	Área (m ²)	Rendimiento específico	Variación promedio (m)					
				2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluvión	2171415.53	0.15	4.63	3.45	2.02	2.57	4.60	2.65
B	Complejo de Nicoya	3701573.28	0.08	3.31	2.78	3.09	6.39	3.32	1.43

De acuerdo con lo mostrado en los cuadros anteriores, se presenta en el Cuadro 24, el resultado de la recarga mostrada en los acuíferos dentro de la subcuenca Guapes. Se indica que la recarga para el acuífero aluvial entre el año 2011 al 2021, presentó valores desde los 20.89 l/s hasta los 47.8 l/s, donde el registro más alto se dio en el año 2011 y el más bajo fue en el año 2018 respectivamente.

Mientras que para el acuífero Complejo de Nicoya los valores de recarga se encontraron desde los 13.46 l/s hasta los 59.97 l/s, con el registro más alto en el año 2019 y el más bajo para el año 2021.

De esta información se indica entonces, que el volumen de recarga total para esta subcuenca varío entre los 40.81 l/s registrado en el 2021 hasta los 86.51 l/s registrado en el 2019.

Cuadro 24: Volumen de recarga en microcuenca Guapes.

Grupo	Acuífero	Volumen de recarga por año (l/s)					
		2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Depósito Aluvial	47.8	35.61	20.89	26.54	47.48	27.35
B	Complejo de Nicoya	31.07	26.11	28.98	59.97	31.19	13.46
	Volumen total de recarga	78.87	61.72	49.87	86.51	78.67	40.81

Teniendo en cuenta estos valores de recarga, se muestra en el Cuadro 25, los caudales de reserva y caudales aprovechables en la subcuenca Guapes para cada uno de los años calculados. El caudal de reserva será del 60%, por lo que el caudal aprovechable será del 40% del caudal de recarga calculado.

Cuadro 25: Caudal disponible en la subcuenca Guapes.

Año	Q _{Recarga} (l/s)	Q _{Reserva 60 %} (l/s)	Q _{Aprovechable 40 %} (l/s)	Q _{Disponible} (l/s)
2011	78.87	47.32	31.55	31.55
2017	61.72	37.03	24.69	24.69
2018	49.87	29.92	19.95	19.95
2019	86.51	51.9	34.6	34.6
2020	78.67	47.2	31.47	31.47
2021	40.81	24.49	16.32	16.32

➤ **Subcuenca Cucaracha.**

Dentro de esta subcuenca se encuentran 2 pozos captando el acuífero aluvi3n que fueron utilizados para el c3lculo de recarga por hidrograma. Seg3n los an3lisis de los registros de niveles obtenidos para estos pozos, se muestra las variaciones en los niveles en el Cuadro 26.

Cuadro 26: Variaciones del nivel est3tico en pozos subcuenca Cucaracha.

Grupo	Acu3fero	Pozo	Variaci3n por a3o (m)					
			2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluvi3n	AyA Flamingo	7.95	-	-	-	-	-
		Pozo ASADA Potrero 3	-	-	9	-	-	-
B	Complejo de Nicoya	Casa Antonio Moreno Canales 2	-	2.1	-	5.05	2.75	1.1
		Casa 3ngel Moreno Caravaca	2.75	3.4	2.65	8.7	4.2	2.06
		Hotel Esmeralda 2	4.16	3.25	3.7	-	-	-

Para el caso del acu3fero Complejo de Nicoya, dentro de esta subcuenca no se encuentra ning3n pozo captando esta unidad hidrogeol3gica, por lo que se utilizar3 la media arm3nica en los niveles obtenido para este acu3fero en la subcuenca Pilas, los cuales captan la misma unidad hidrogeol3gica, ya que en ambas cuencas presentan las mismas condiciones geol3gicas.

Mientras que, para el acu3fero aluvial, en los a3os en los que no se cuenta con informaci3n de variaci3n en los niveles y debido a que las condiciones geol3gicas son las mismas de las otras subcuencas, se va a utilizar la variaci3n en los niveles calculada en este mismo periodo de tiempo en la subcuenca Guapes seg3n se observa en el Cuadro 23.

Por lo cual, para conocer el caudal que se recarga dentro de esta subcuenca, se utilizar3 la media arm3nica para cada a3o registrados mostrados en el Cuadro 26, para cada uno de los acu3feros presentes. Por lo cual, se tiene en el Cuadro 27 los par3metros a utilizar.

Cuadro 27: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Cucaracha.

Grupo	Acuífero	Área (m ²)	Rendimiento específico	Variación promedio (m)					
				2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluvi3n	3601994.44	0.15	7.95	3.45	9	2.57	4.6	2.65
B	Complejo de Nicoya	5606281.37	0.08	3.31	2.78	3.09	6.39	3.32	1.43

De acuerdo con lo mostrado en los cuadros anteriores, se presenta en el Cuadro 28 el resultado de la recarga mostrada en los acuíferos dentro de la subcuenca Cucaracha. Se indica que la recarga para el acuífero aluvial entre el año 2011 al 2021, presentó valores desde los 44.03 l/s hasta los 154.09 l/s, donde el registro más alto se dio en el año 2018 y el más bajo fue en el año 2019 respectivamente.

Mientras que para el acuífero Complejo de Nicoya los valores de recarga se encontraron desde los 20.38 l/s hasta los 90.82 l/s, con el registro más alto en el año 2019 y el más bajo para el año 2021.

De esta información se indica entonces, que el volumen de recarga total para esta subcuenca varió entre los 67.83 l/s registrado en el 2021 hasta los 199.14 l/s registrado en el 2018.

Cuadro 28: Volumen de recarga en microcuenca Cucaracha.

Grupo	Acuífero	Volumen de recarga por año (l/s)					
		2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Dep3sito Aluvial	136.11	59.07	154.09	44.03	78.76	45.37
B	Complejo de Nicoya	47.06	39.55	43.89	90.82	47.24	20.38
	Volumen total de recarga	183.17	98.62	197.98	134.85	125.99	65.75

Teniendo en cuenta estos valores de recarga, se muestra en el Cuadro 29, los caudales de reserva y caudales aprovechables en la subcuenca Cucaracha para cada uno de los años calculados. El caudal de reserva ser3 del 60%, por lo que el caudal aprovechable ser3 del 40% del caudal de recarga calculado.

Cuadro 29: Caudal disponible en la subcuenca Cucaracha.

Año	Q _{Recarga} (l/s)	Q _{Reserva 60 %} (l/s)	Q _{Aprovechable 40 %} (l/s)	Q _{Disponible} (l/s)
2011	183.17	109.9	73.27	73.27
2017	98.62	59.17	39.45	39.45
2018	197.98	118.79	79.19	79.19
2019	134.85	80.91	53.94	53.94
2020	125.99	75.6	50.4	50.4
2021	65.75	39.45	26.3	26.3

➤ **Subcuenca Brasiliar.**

Dentro de esta subcuenca se encuentran 2 pozos captando el acuífero aluvión que fueron utilizados para el cálculo de recarga por hidrograma. Según los análisis de los registros de niveles obtenidos para estos pozos, se muestra las variaciones en los niveles en el Cuadro 30.

Cuadro 30: Variaciones del nivel estático en pozos subcuenca Brasiliar.

Grupo	Acuífero	Pozo	Variación por año (m)					
			2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluvión	Tanque de agua Hotel 1	4.7	3.8	6.25	5.85	5.5	3.95
		AyA Flamingo 1 Cangrejo	-	11.4	7.65	7.85	10.05	6.75
B	Complejo de Nicoya	Casa Antonio Moreno Canales 2	-	2.1	-	5.05	2.75	1.1
		Casa Ángel Moreno Caravaca	2.75	3.4	2.65	8.7	4.2	2.06
		Hotel Esmeralda 2	4.16	3.25	3.7	-	-	-

Para el caso del acuífero Complejo de Nicoya, dentro de esta subcuenca no se encuentra ningún pozo captando esta unidad hidrogeológica, por lo que se utilizará la variación promedio en los niveles obtenido para este acuífero en la subcuenca Pilas, los cuales captan la misma unidad hidrogeológica, ya que en ambas cuencas presentan las mismas condiciones geológicas.

Para conocer el caudal que se recarga dentro de esta subcuenca, se utilizará la media armónica de todo el conjunto de datos, para cada año registrado, mostrados en el Cuadro 30, para cada uno de los acuíferos presentes, por lo cual, se tiene en el Cuadro 31 los parámetros a utilizar.

Cuadro 31: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Brasiliar.

Grupo	Acuífero	Área (m ²)	Rendimiento específico	Variación promedio (m)					
				2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluvión	1726452.13	0.15	4.7	5.7	6.88	6.70	7.11	4.98
B	Complejo de Nicoya	1689674.58	0.08	3.31	2.78	3.09	6.39	3.32	1.43

De acuerdo con lo mostrado en los cuadros anteriores, se presenta en el Cuadro 32, el resultado de la recarga mostrada en los acuíferos dentro de la subcuenca Guapes. Se indica que la recarga para el acuífero aluvial entre el año 2011 al 2021, presentó valores desde los 38.57 l/s hasta los 58.34 l/s, donde el registro más alto se dio en el año 2020 y el más bajo fue en el año 2011 respectivamente.

Mientras que, para el acuífero Complejo de Nicoya, los valores de recarga se encontraron desde los 11.92 l/s hasta los 27.37 l/s, con el registro más alto en el año 2019 y el más bajo para el año 2017.

De esta información se indica entonces, que el volumen de recarga total para esta subcuenca varió entre los 47.04 l/s registrado en el 2021 hasta los 82.39 l/s registrado en el 2019.

Cuadro 32: Volumen de recarga en microcuenca Brasiliar.

Grupo	Acuífero	Volumen de recarga por año (l/s)					
		2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Depósito Aluvial	38.57	46.78	56.45	55.01	58.34	40.90
B	Complejo de Nicoya	14.18	11.92	13.23	27.37	14.24	6.14
	Volumen total de recarga	52.75	58.70	69.68	82.39	72.58	47.04

Teniendo en cuenta estos valores de recarga, se muestra en el Cuadro 33 los caudales de reserva y caudales aprovechables en la subcuenca Brasiliar para cada uno de los años calculados. El caudal de reserva será del 60%, por lo que el caudal aprovechable será del 40% del caudal de recarga calculado.

Cuadro 33: Caudal disponible en la subcuenca Brasiliar.

Año	Q _{Recarga} (l/s)	Q _{Reserva 60 %} (l/s)	Q _{Aprovechable 40 %} (l/s)	Q _{Disponible} (l/s)
2011	52.75	31.65	21.1	21.1
2017	58.7	35.22	23.48	23.48
2018	69.68	41.81	27.87	27.87
2019	82.39	49.43	32.96	32.96
2020	72.58	43.55	29.03	29.03
2021	47.04	28.22	18.82	18.82

➤ **Subcuenca Cusuca.**

Dentro de esta subcuenca no se encuentran pozos del monitoreo, por lo que para calcular la recarga que ocurre en este sector, se va a utilizar la información obtenida en las otras subcuencas. Para el caso del acuífero aluvión, se va a utilizar una variación de los niveles igual a lo obtenido para la cuenca Brasiliar, ya que las cuencas tienen las mismas condiciones geológicas.

Para el cálculo de la recarga en el acuífero Complejo de Nicoya, se utilizará la variación promedio en los niveles obtenido para los pozos de la subcuenca Pilas, los cuales captan la misma unidad hidrogeológica, ya que en ambas cuencas presentan las mismas condiciones geológicas. Por lo cual se tiene en el Cuadro 34 los parámetros a utilizar.

Cuadro 34: Parámetros para el cálculo de la recarga subcuenca Cusuca.

Grupo	Acuífero	Área (m ²)	Rendimiento específico	Variación promedio (m)					
				2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Aluvión	415502.51	0.15	4.7	5.7	6.88	6.70	7.11	4.98
B	Complejo de Nicoya	1564344.97	0.08	3.31	2.78	3.09	6.39	3.32	1.43

De acuerdo con lo mostrado en los cuadros anteriores, se presenta en el Cuadro 35 el resultado de la recarga mostrada en los acuíferos dentro de la subcuenca Cusuca. Se indica que la recarga para el acuífero aluvial entre el año 2011 al 2021, presentó valores desde los 9.28 l/s hasta los 14.04 l/s, donde el registro más alto se dio en el año 2020 y el más bajo fue en el año 2011 respectivamente.

Mientras que para el acuífero Complejo de Nicoya los valores de recarga se encontraron desde los 5.69 l/s hasta los 25.34 l/s, con el registro más alto en el año 2019 y el más bajo para el año 2021.

De esta información se indica entonces, que el volumen de recarga total para esta subcuenca varió entre los 15.53 l/s registrado en el 2021 hasta los 38.58 l/s registrado en el 2019.

Cuadro 35: Volumen de recarga en microcuenca Cusuca.

Grupo	Acuífero	Volumen de recarga por año (m)					
		2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Depósito Aluvial	9.28	11.26	13.59	13.24	14.04	9.84
B	Complejo de Nicoya	13.13	11.04	12.25	25.34	13.18	5.69
	Volumen total de recarga	22.41	22.29	25.83	38.58	27.22	15.53

Teniendo en cuenta estos valores de recarga, se muestra en el Cuadro 36, los caudales de reserva y caudales aprovechables en la subcuenca Brasiliar para cada uno de los años calculados. El caudal de reserva será del 60%, por lo que el caudal aprovechable será del 40% del caudal de recarga calculado.

Cuadro 36: Caudal disponible en la subcuenca Cusuca.

Año	Q _{Recarga} (l/s)	Q _{Reserva 60 %} (l/s)	Q _{Aprovechable 40 %} (l/s)	Q _{Disponible} (l/s)
2011	22.41	13.45	8.97	8.97
2017	22.29	13.38	8.92	8.92
2018	25.83	15.5	10.33	10.33
2019	38.58	23.15	15.43	15.43
2020	27.22	16.33	10.89	10.89
2021	15.53	9.32	6.21	6.21

5.4 Comparación de recargas entre el acuífero y las subcuencas

Con la información obtenida en los apartados anteriores, se realizó una comparación entre el caudal de recarga en el acuífero Potrero, en relación con las recargas calculadas en cada una de las subcuencas definidas, según se muestra en el Cuadro 37.

Cuadro 37: Comparación de la recarga en el acuífero Potrero y las Subcuencas definidas.

Unidad hidrogeológica	Acuífero Potrero	Subcuenca Pilas	Subcuenca Cacao	Subcuenca Guapes	Subcuenca Cucaracha	Subcuenca Brasiliar	Subcuenca Cusuca
Año 2011							
Aluviones	186.35	16.84	35.60	47.80	136.11	38.57	9.28
Complejo de Nicoya	214.61	20.99	102.20	31.07	47.06	14.18	13.13
Total	400.96	37.82	137.80	78.87	183.17	52.75	22.41
Año 2017							
Aluviones	275.12	24.96	79.57	35.61	59.07	46.78	11.26
Complejo de Nicoya	176.55	17.64	100.53	26.11	39.55	11.92	11.04
Total	451.67	42.60	180.09	61.72	98.62	58.70	22.29
2018							
Aluviones	235.55	22.02	42.98	20.89	154.09	56.45	13.59
Complejo de Nicoya	203.08	19.57	102.20	28.98	43.89	13.23	12.25
Total	438.63	41.59	145.18	49.87	197.98	69.68	25.83
2019							
Aluviones	235.01	19.07	54.60	26.54	44.03	55.01	13.24
Complejo de Nicoya	333.10	40.50	92.15	59.97	90.82	27.37	25.34
Total	568.11	59.57	146.75	86.51	134.85	82.39	38.58
2020							
Aluviones	278.25	26.34	61.34	47.48	78.76	58.34	14.04
Complejo de Nicoya	232.75	21.07	157.49	31.19	47.24	14.24	13.18
Total	511.00	47.41	218.83	78.67	125.99	72.58	27.22
2021							
Aluviones	172.29	14.33	38.75	27.35	45.37	40.90	9.84
Complejo de Nicoya	104.44	9.09	91.31	13.46	20.38	6.14	5.69
Total	276.73	23.42	130.06	40.81	65.75	47.04	15.53

Según se observa en este cuadro, la subcuenca Cacao (de mayor área), es donde se presenta la mayor recarga, con valores que superan los 200 l/s, representando en la mayoría de los años de medición un 25% del total de recarga en el acuífero Potrero. Mientras que la subcuenca Cusuca (menos área) es la que presenta menor recarga aprovechable en los años analizados, donde el valor más alto fue de 38.58 l/s, representando un 6% de la recarga total.

Estas diferencias en las recargas es un reflejo del área de extensión en cada una de las subcuencas, ya que se denota que las subcuencas con mayor cobertura son las que presentan valores más altos de recarga, y consecuentemente, las subcuencas con un área más reducida presentan valores de recarga menores en comparación.

En el Cuadro 38 y Cuadro 39, se muestra la comparación en el caudal de recarga para todo el acuífero Potrero, en relación con la sumatoria total del caudal recargado, calculado para cada una de las subcuencas. Se tiene que, para el año del 2021, fue en el que se presentaron los valores de recarga aprovechable más bajos, por lo que se utilizará este año como un factor de seguridad para el análisis de aprovechamientos en el acuífero que se realizará en apartados posteriores.

Cuadro 38: Caudal total recargado en el acuífero Potrero.

Unidad hidrogeológica	Acuífero Potrero	Total de Subcuencas
2011		
Aluviones	186.35	284.20
Complejo de Nicoya	214.61	228.63
Total	400.96	512.84
2017		
Aluviones	275.12	257.23
Complejo de Nicoya	176.55	206.79
Total	451.67	464.02
2018		
Aluviones	235.55	310.02
Complejo de Nicoya	203.08	220.12
Total	438.63	530.14
2019		
Aluviones	235.01	212.49
Complejo de Nicoya	333.10	336.16
Total	568.11	548.65
2020		
Aluviones	278.25	286.30
Complejo de Nicoya	232.75	284.40
Total	511.00	570.70
2021		
Aluviones	172.29	176.54
Complejo de Nicoya	104.44	146.07
Total	276.73	322.61

Cuadro 39: Caudal aprovechable recargado. (40%) en el acuífero Potrero.

Unidad hidrogeológica	Acuífero Potrero	Total de Subcuencas
2011		
Aluviones	74.54	113.68
Complejo de Nicoya	85.84	91.45
Total	160.38	205.13
2017		
Aluviones	110.05	102.89
Complejo de Nicoya	70.62	82.71
Total	180.67	185.61
2018		
Aluviones	94.22	124.01
Complejo de Nicoya	81.23	88.05
Total	175.45	212.06
2019		
Aluviones	94.01	85.00
Complejo de Nicoya	133.24	134.46
Total	227.25	219.46
2020		
Aluviones	111.30	114.52
Complejo de Nicoya	93.10	113.76
Total	204.40	228.28
2021		
Aluviones	68.91	70.62
Complejo de Nicoya	41.78	58.43
Total	110.69	129.05

6. Hidrogeoquímica y análisis de calidad del agua subterránea.

Con el objetivo de clasificar y analizar la calidad del agua subterránea del acuífero Potrero, se revisó y procesó la información de análisis de calidad realizados en la zona por el Laboratorio Nacional de Aguas.

Para el análisis se cuenta con información de 7 campañas de muestreo:

- Campaña 2012. Total de pozos muestreado en acuífero Potrero 4. (Pozo ASADA Potrero 1, Pozo ASADA Potrero 2, Pozo Hotel Villaggio y Pozo Cabinas Marcel).
- Campaña 2018. Total, de pozos muestreado en acuífero Potrero 12. (Pozo ASADA Potrero 1, Pozo ASADA Potrero 2, Pozo ASADA Potrero 3, Pozo ASADA Surfside 1, Pozo ASADA Surfside 2, Pozo AyA Potrero 2, Pozo Ángel Moreno, Pozo Benito Moraga, Pozo Ernida Peralta Pozo Hotel Villaggio y Pozo Cabinas Marcel).
- Campaña 2019. Total, de pozos muestreado en acuífero Potrero 12. (Pozo ASADA Potrero 1, Pozo ASADA Potrero 2, Pozo ASADA Potrero 3, Pozo ASADA Surfside 1, Pozo ASADA Surfside 2, Pozo AyA Potrero 2, Pozo Ángel Moreno, Pozo Benito Moraga, Pozo Ernida Peralta Pozo Hotel Villaggio y Pozo Cabinas Marcel).
- Campaña 2020. Total, de pozos muestreado en acuífero Potrero 12. (Pozo ASADA Potrero 1, Pozo ASADA Potrero 2, Pozo ASADA Potrero 3, Pozo ASADA Surfside 1, Pozo ASADA Surfside 2, Pozo AyA Potrero 2, Pozo Ángel Moreno, Pozo Benito Moraga, Pozo Ernida Peralta Pozo Hotel Villaggio y Pozo Cabinas Marcel).
- Campaña 2020. Total de pozos muestreado en acuífero Potrero 12. (Pozo ASADA Potrero 1, Pozo ASADA Potrero 2, Pozo ASADA Potrero 3, Pozo ASADA Surfside 1, Pozo ASADA Surfside 2, Pozo AyA Potrero 2 y Pozo Hotel Villaggio).
- Campaña 2021. Total, de pozos muestreado en acuífero Potrero 7. (Pozo ASADA Potrero 1, Pozo ASADA Potrero 2, Pozo ASADA Potrero 3, Pozo ASADA Surfside 1, Pozo ASADA Surfside 2, Pozo AyA Potrero 2 y Pozo Hotel Villaggio).
- Campaña 2022. Total, de pozos muestreado en acuífero Potrero 7. (Pozo ASADA Potrero 1, Pozo ASADA Potrero 2, Pozo ASADA Potrero 3, Pozo ASADA Surfside 1, Pozo ASADA Surfside 2, Pozo AyA Potrero 2 y Pozo Hotel Villaggio).

Para el análisis realizado, se agruparon los datos de los pozos en 6 subcuencas (Figura 9).

- Subcuenca Pilas, 5 pozos (Pozo ASADA Potrero1, Pozo Cabinas Marcel, Pozo Hotel Esmeralda, Pozo Ángel Moreno y Pozo Hotel Villaggio)
- Subcuenca Cacao 1 pozo (Benito Moraga)
- Subcuenca Guapes 2 pozos (Asada Potrero 2 y Pozo Ernida Peralta)
- Subcuenca Cucaracha 4 pozos (Pozo ASADA Surfside1, Pozo ASADA Surfside2, Pozo ASADA Potrero 3 y Pozo AyA Potrero 2)
- Subcuenca Cusuca, sin pozos con datos de calidad
- Subcuenca Brasilar, sin pozos con datos de calidad

Para cada subcuenca se realizó un análisis por año, contemplando los períodos 2012, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022. Dentro de cada análisis se incluye:

- Diagrama Piper
- Diagrama Stiff
- Gráfica Relación Na/Cl
- Gráfica Relación Ca/Mg
- Gráfica Sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica.

Con respecto al análisis de la relación Na/Cl, Jones et al. (1999), indica que el agua de mar tiene una química uniforme debido al largo tiempo de residencia de sus principales constituyentes con las siguientes características: predominancia de Cl y Na con una relación molar de 0.86.

En el caso de la relación Ca/Mg según indica Hounslow (1995) la composición típica del mar es de esperar una relación molar Ca/Mg cercano a 0.18, lo cual es un valor bastante distante de lo que se puede encontrar en agua subterránea, en la cual el magnesio típicamente se encuentra en cantidades muchos menores al calcio (Moujabber et. al., 2006). por lo cual, respecto a este parámetro es posible indicar que valores de Ca/Mg <1, indican un potencial de intrusión salina. Lazo y Solís (2019) indican que este comportamiento se relaciona con una disminución progresiva del valor por presencia de iones de magnesio y que probablemente una relación menor a 1, se presentará en etapas más avanzadas de la intrusión salina, dado que en los inicios existe un enriquecimiento repentino del calcio.

Con relación a la cantidad de sólidos disueltos totales (TSD por sus siglas en ingles), Crittenden (2012), indica que estos son una referencia indirecta de posibles procesos de intrusión salina y recomienda verificar la tendencia histórica de este parámetro, vigilando valores entre 500 mg/L y 1000 mg/L, pues al llegar a 1000 mg/L, ya se considera como agua salobre. Lazo y Solís (2019), indican que este es un parámetro de fácil medición el cual se puede determinar de manera experimental o mediante la siguiente ecuación:

$$SDT = 0.6 * Alcalinidad + Na + K + Ca + Mg + Cl + SO_4 + SiO_3 + NO_3 + F$$

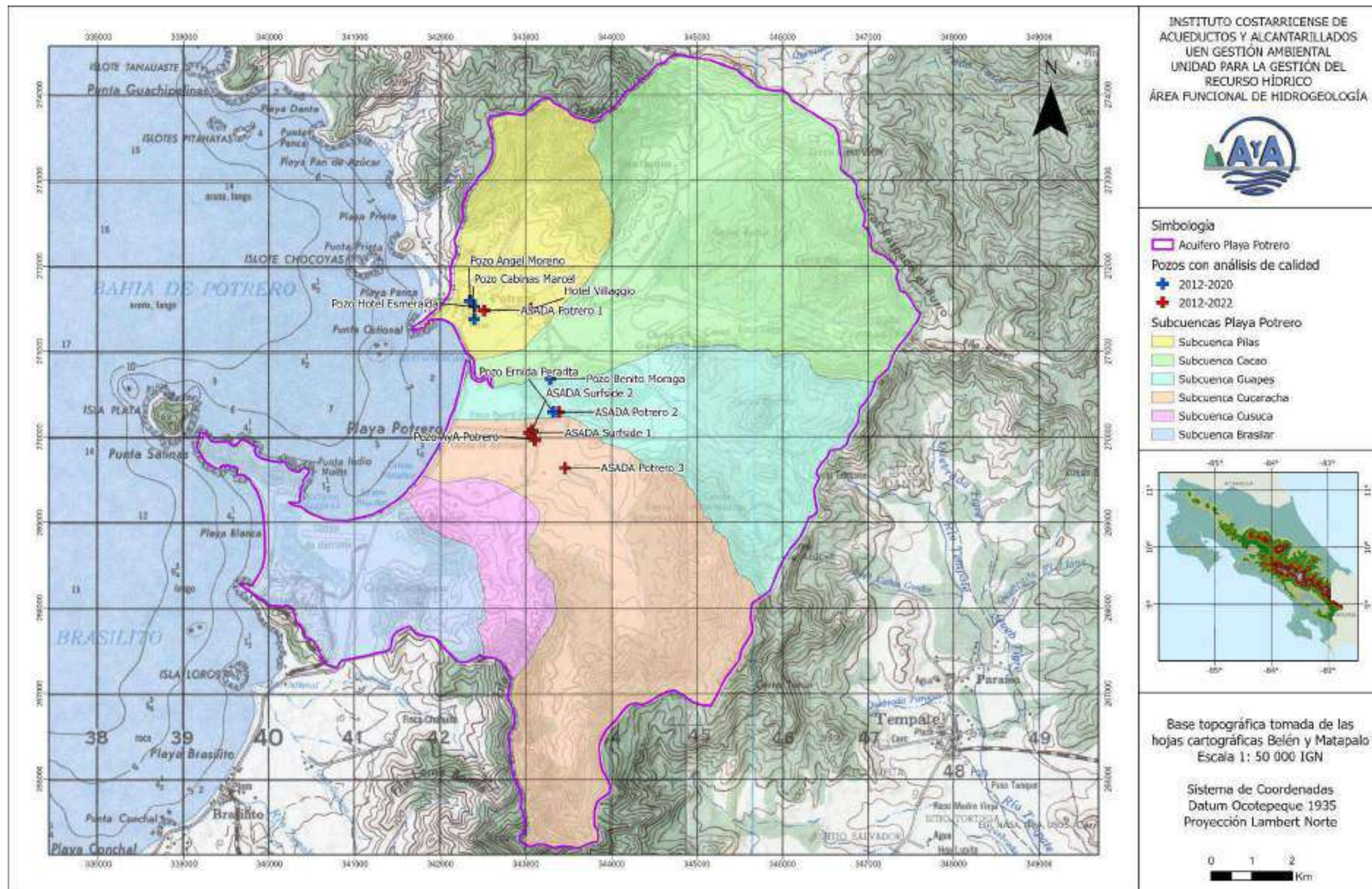


Figura 9: Ubicación de pozo muestreados en las diferentes campañas en el acuífero Potrero.

Lazo y Solís (2019), indican que, para la determinación de este indicador en el caso de los análisis realizados para los acuíferos en Costa Rica, se supone una concentración de sílice de 70 mg/L.

6.1 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2012.

Para la campaña del 2012 solo se cuenta con información de calidad para 2 subcuencas: Pilas (3 pozos) y Guapes (1 pozo).

➤ Subcuenca Pilas. (2012)

La Figura 10, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2012, para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama el agua analizada clasifica como Bicarbonatada cálcica.

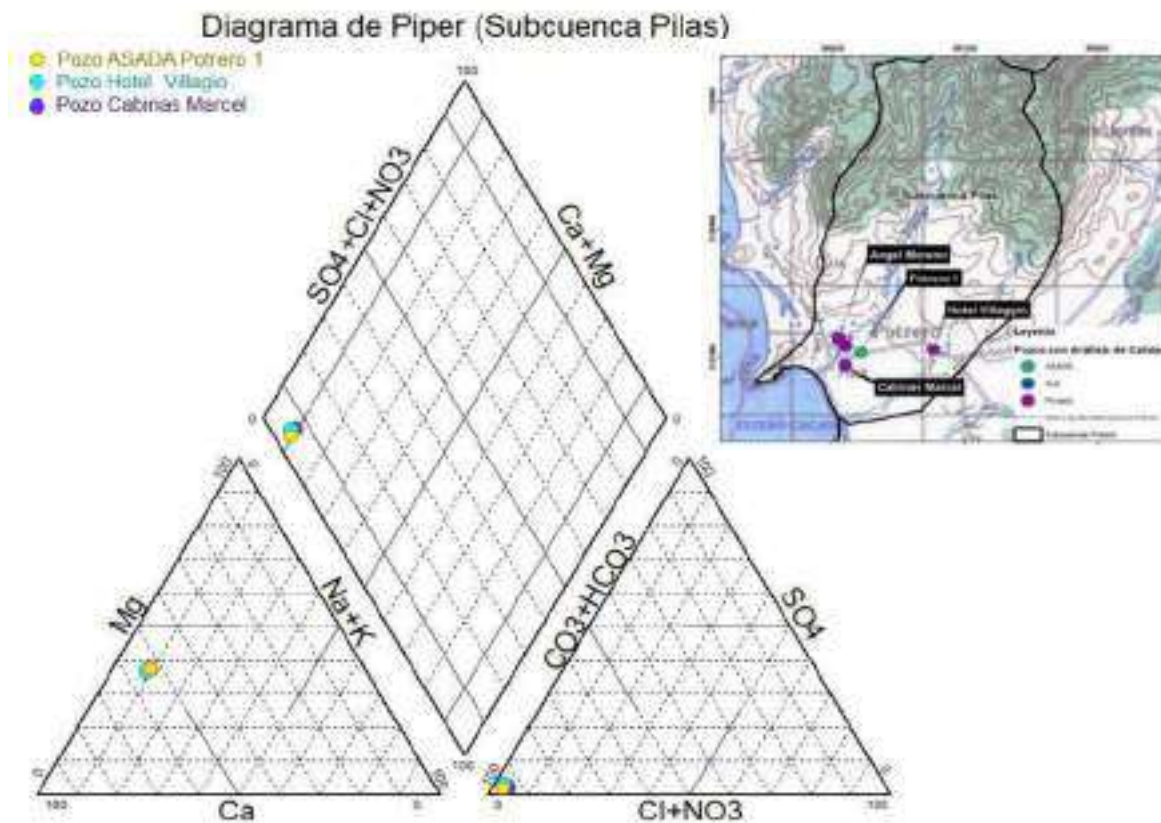


Figura 10: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2012 en pozos de Subcuenca Pilas.

La Figura 11, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones para las 3 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas en la campaña de muestreo del 2012.

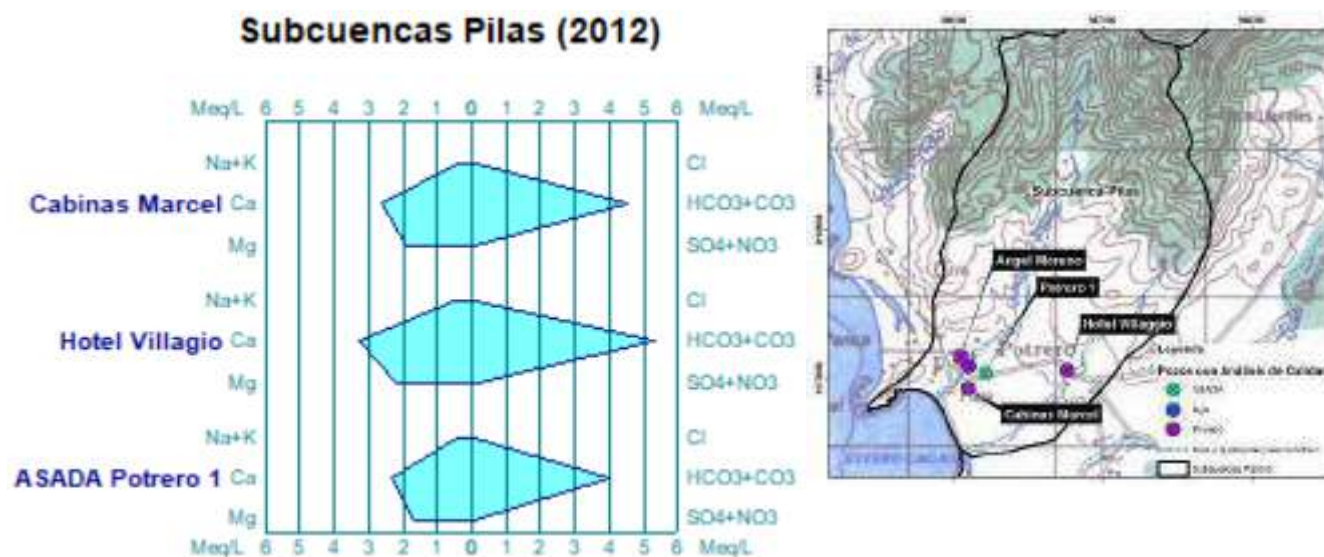


Figura 11: Diagrama Stiff en el que se representan las 3 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2012.

Del diagrama Stiff, es posible observar como la muestra correspondiente al Pozo Hotel Villaggio (Pozo #21) presenta mayores concentraciones de bicarbonatos y calcio que las otras muestras, particularmente este pozo capta las rocas fracturadas asociadas al Complejo de Nicoya a diferencia de los otros dos pozos analizados que captan principalmente el acuífero aluvial.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Pilas durante la campaña de muestreo del 2012, se representa en las figuras N°10 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 12 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 40 se muestran los resultados del análisis.

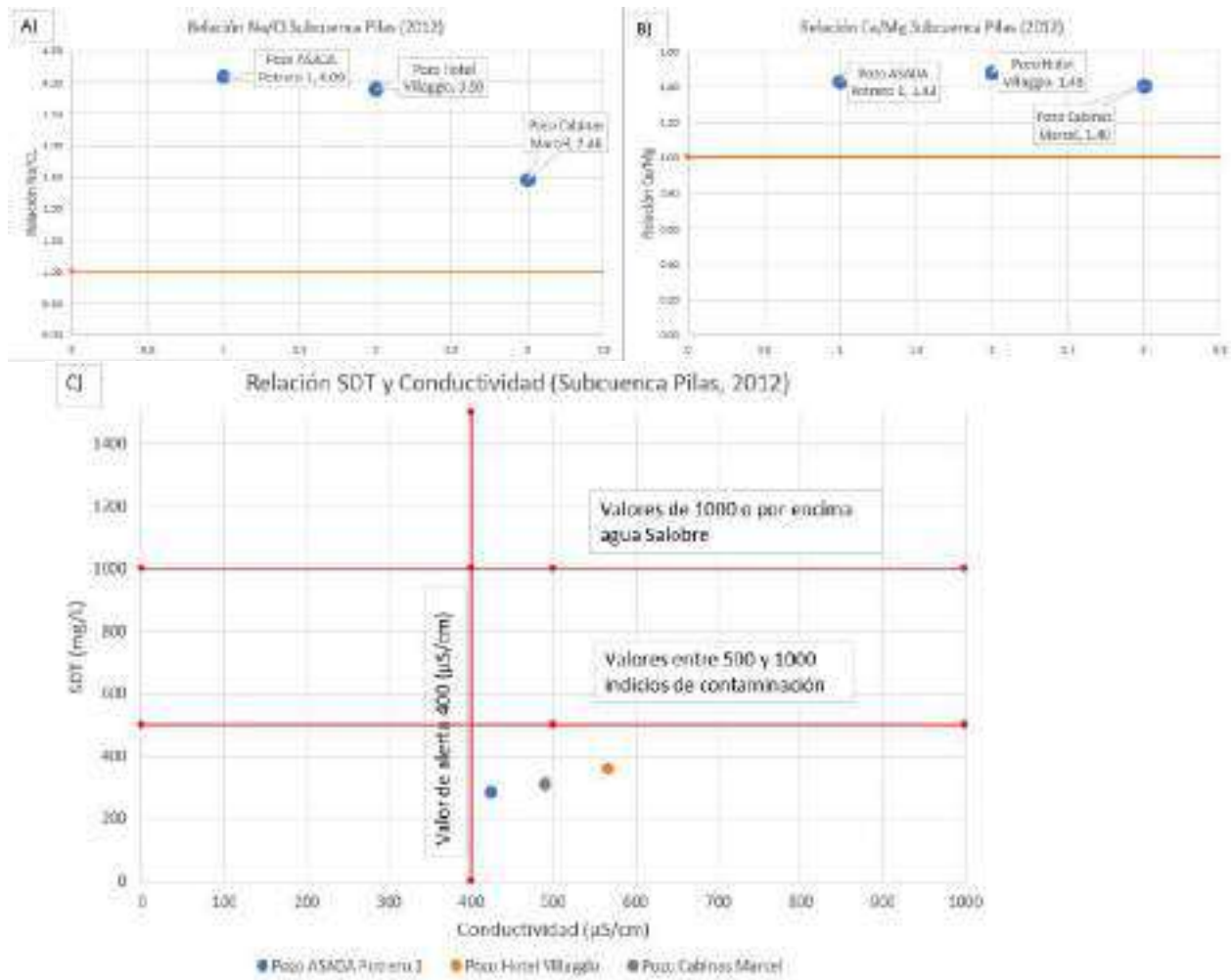


Figura 12: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 40: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Asada Potrero 1	4.08	1.42	281.12	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Hotel Villagio	3.89	1.48	356.77	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Cabinas Marcel	2.45	1.40	306.98	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 40 se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de marzo 2012.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo marzo 2012, las mismas varían entre 425-567 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según los reportes del Laboratorio Nacional de Aguas (AyA-ID-01424-2012, AyA-ID-01423-2012, y AyA-ID-01421-2012), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

➤ Subcuenca Guapes (2012)

La Figura 13, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis del pozo muestreado en el 2012 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama el agua analizada clasifica como Bicarbonatada cálcica.

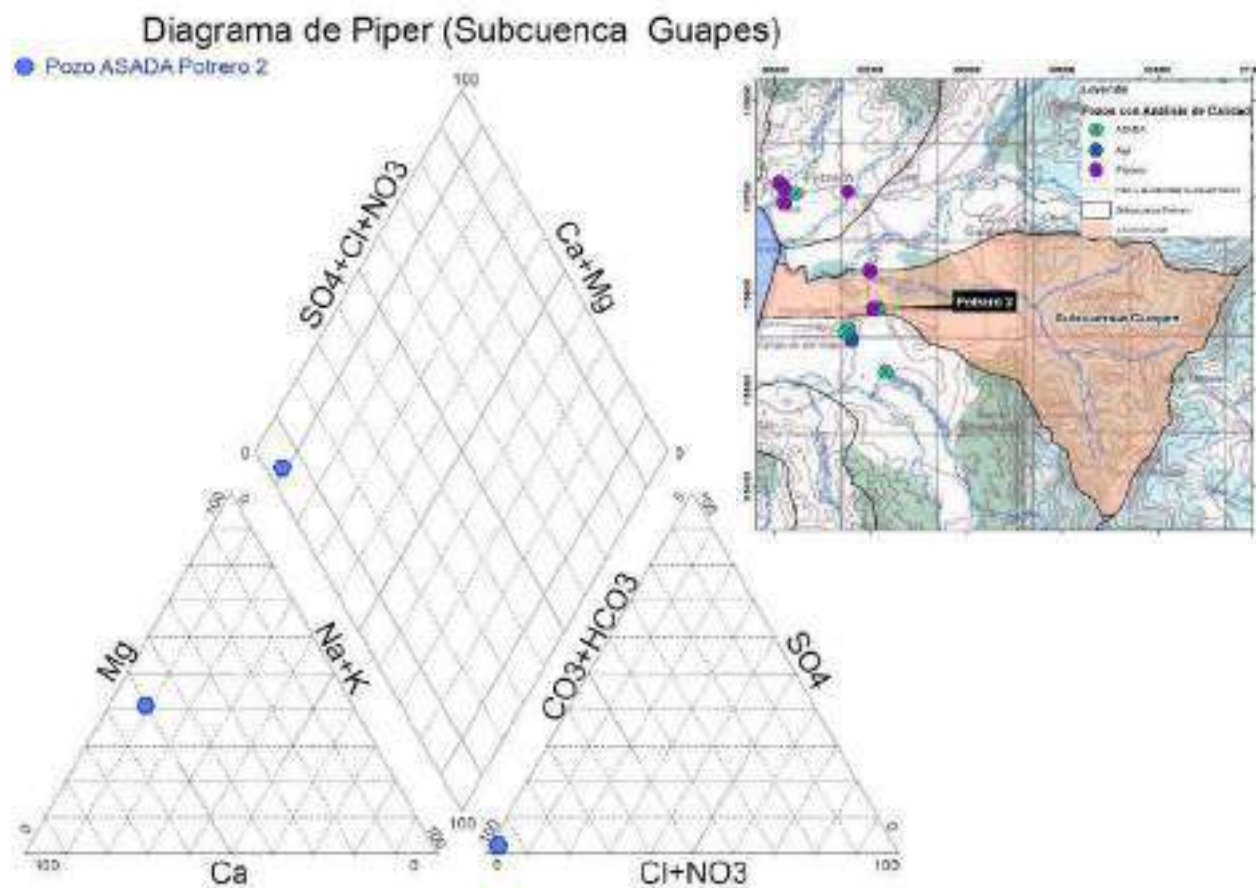


Figura 13: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2012 en pozo de Subcuenca Guapes.

La Figura 14, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en la concentración de la muestra analizada de la Subcuenca Guapes en la campaña de muestreo del 2012.

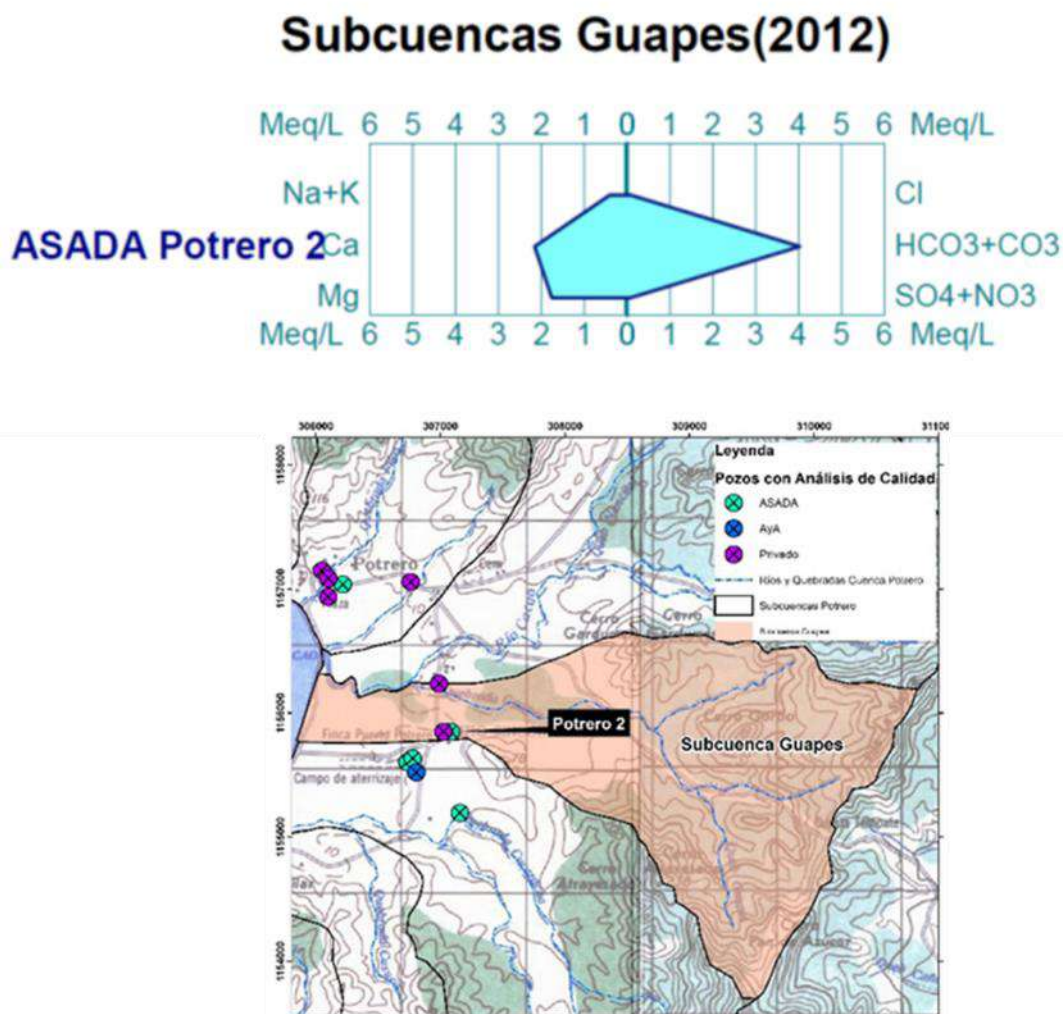


Figura 14: Diagrama Stiff en el que se representa la muestra analizada de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2012.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Guapes, durante la campaña de muestreo del 2012 se representa en las figuras N°15 y B, las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 15 C, los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 41 se muestran los resultados del análisis.

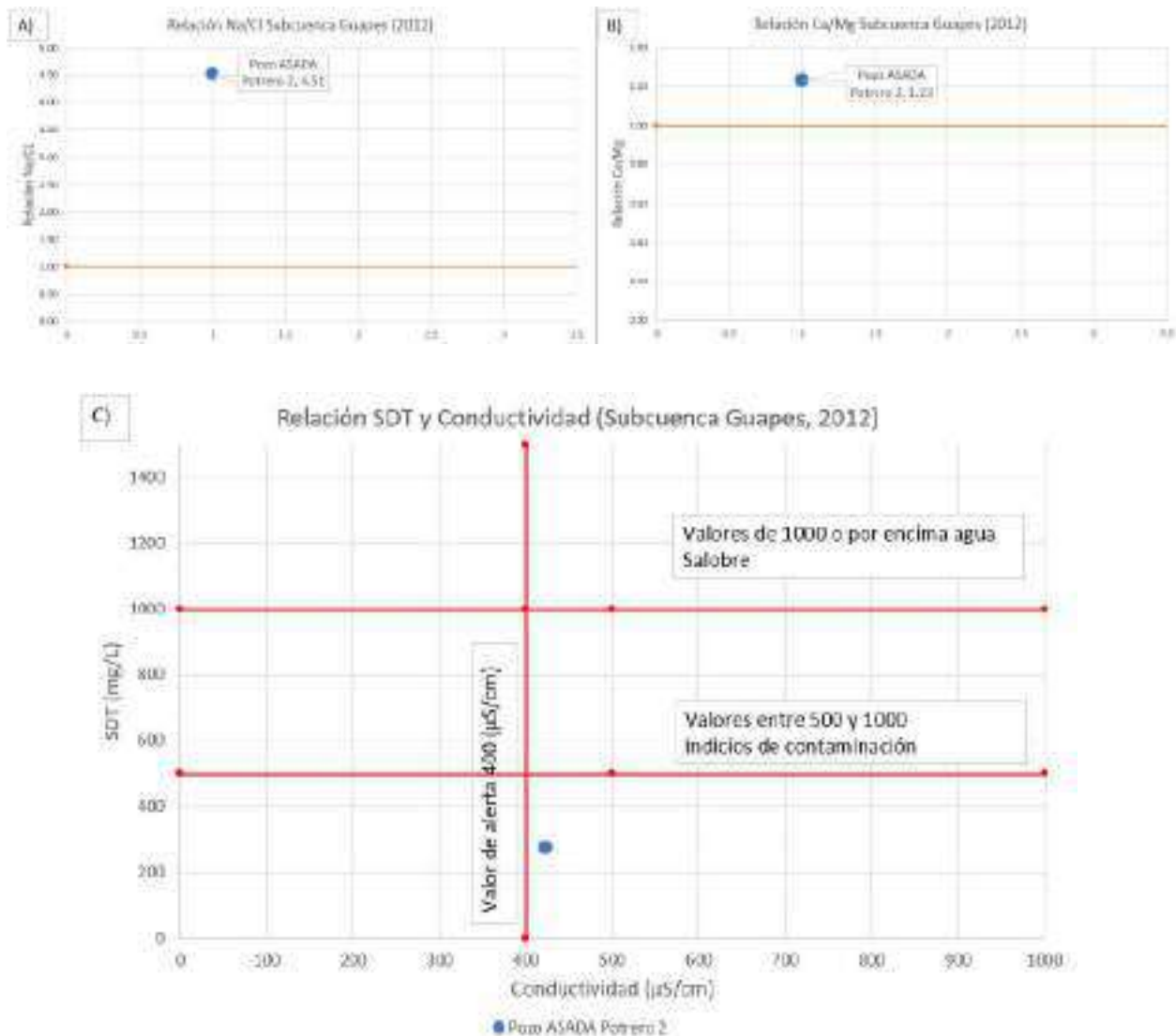


Figura 15: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 41: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Asada Potrero 2	4.51	1.22	274.04	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

*** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 41, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de marzo 2012.

Con referencia a la conductividad analizada durante el periodo marzo 2012, la misma corresponde a 423 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según el reporte del Laboratorio Nacional de Aguas (AyA-ID-01435-2012), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

6.2 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2018.

Para la campaña del 2018 se cuenta con información de calidad para 4 subcuencas: Pilas (5 pozos), Cacao (1 pozo), Guapes (2 pozo) y Cucaracha (4 pozos).

➤ Subcuenca Pilas. (2018)

La Figura 16, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2018, para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama el agua analizada clasifica como Bicarbonatada cálcica.

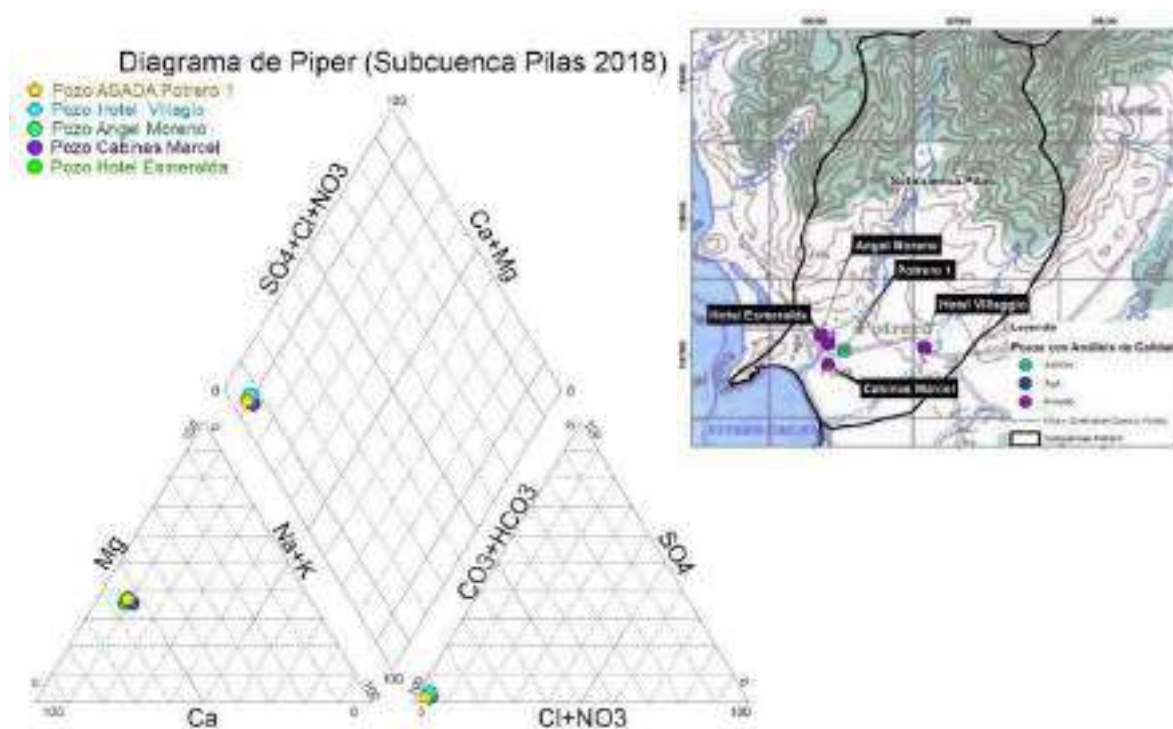


Figura 16: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2018 en pozos de Subcuenca Pilas.

La Figura 17, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones para las 5 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas en la campaña de muestreo del 2018.

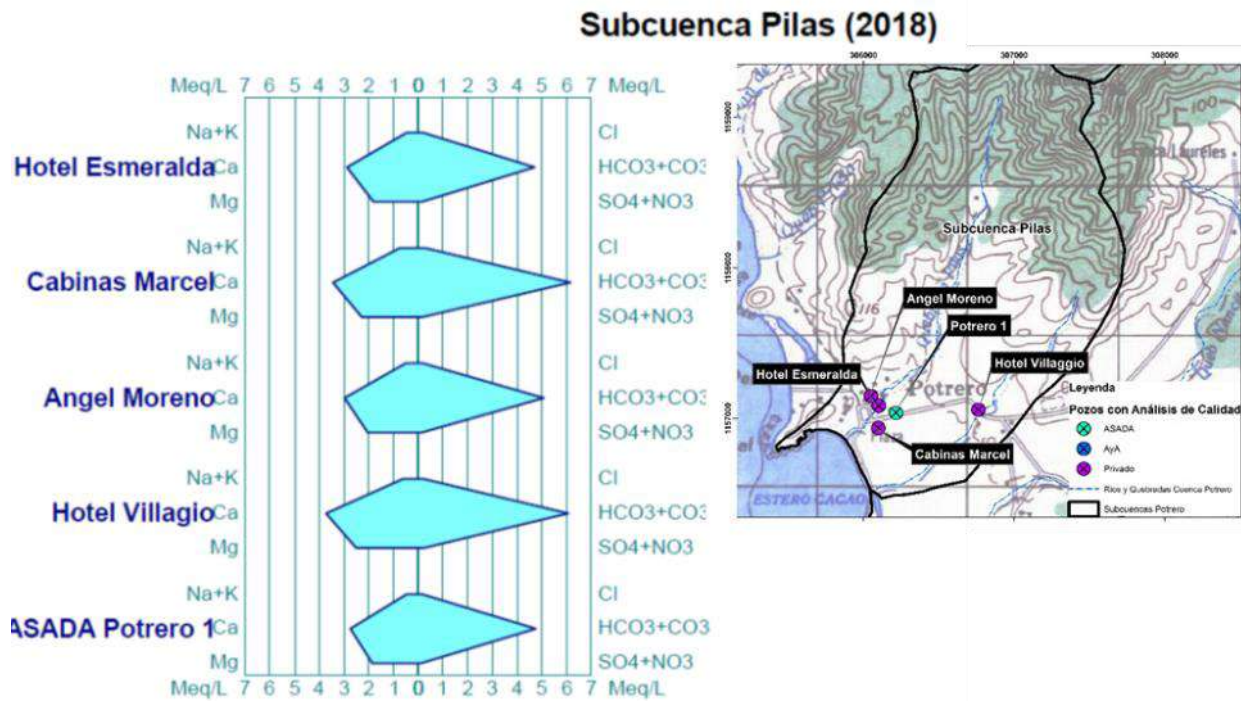


Figura 17: Diagrama Stiff en el que se representan las 5 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2018.

Del diagrama Stiff es posible observar como la muestra correspondiente al pozo Hotel Villaggio y pozo Cabinas Marcel, presenta mayores concentraciones de Bicarbonatos en comparación con los Pozos Ángel Moreno y Hotel Esmeralda.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Pilas, durante la campaña de muestreo del 2018 se representa en las figuras N°18 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 18 C, los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 42 se muestran los resultados del análisis.

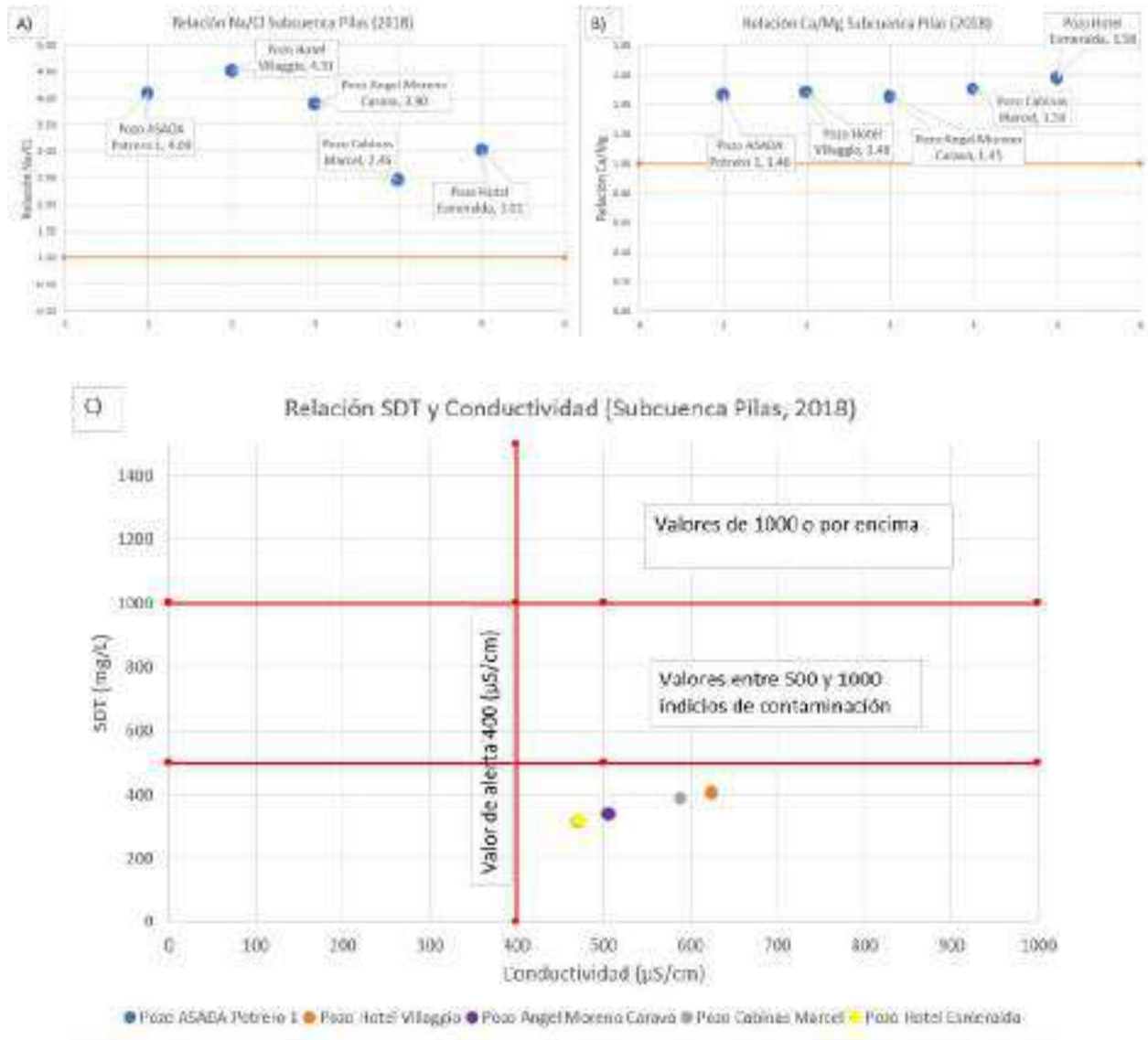


Figura 18: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 42: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Asada Potrero 1	3.01	1.46	314.43	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Hotel Villagio	2.98	1.48	403.89	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Ángel Moreno	2.36	1.45	336.57	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Cabinas Marcel	2.69	1.50	384.53	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Hotel Esmeralda	2.29	1.57	318.76	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 42, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de agosto 2018.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo agosto 2018, las mismas varían entre 472-625 $\mu\text{S/cm}$, donde según los reportes del Laboratorio Nacional de Aguas (AyA-ID-07955-2018, AyA-ID-07958-2018, AyA-ID-07962-2018 y AyA-ID-07963-2018), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro y se indica que las determinaciones puntuales efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad de Agua Potable N°38924-S.

➤ **Subcuenca Cacao. (2018)**

La Figura 19, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotea el análisis de del pozo Benito Moraga muestreado en el 2018 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama el agua analizada clasifica como Bicarbonatada cálcica.

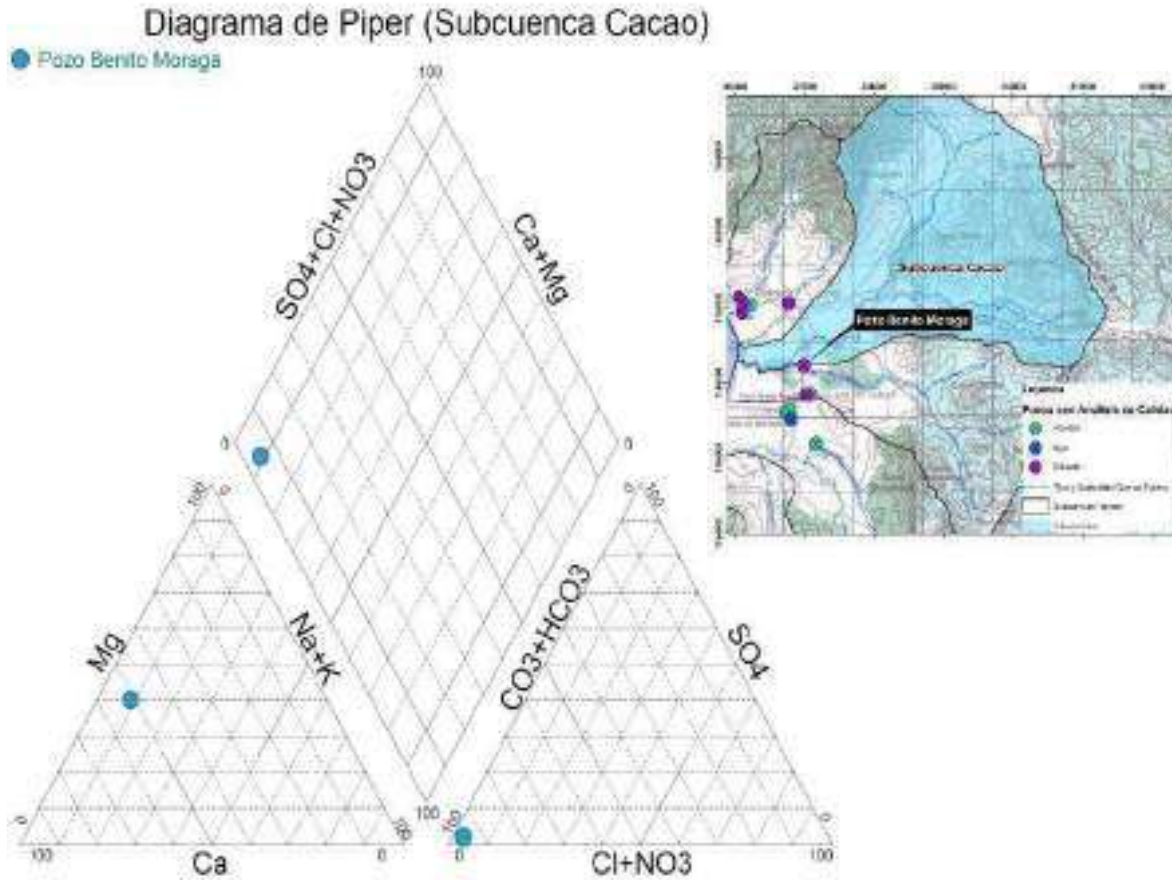


Figura 19: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2018 en pozo de Subcuenca Cacao.

La Figura 20, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en la concentración para la muestra analizada en la Subcuenca Cacao, en la campaña de muestreo del 2018.

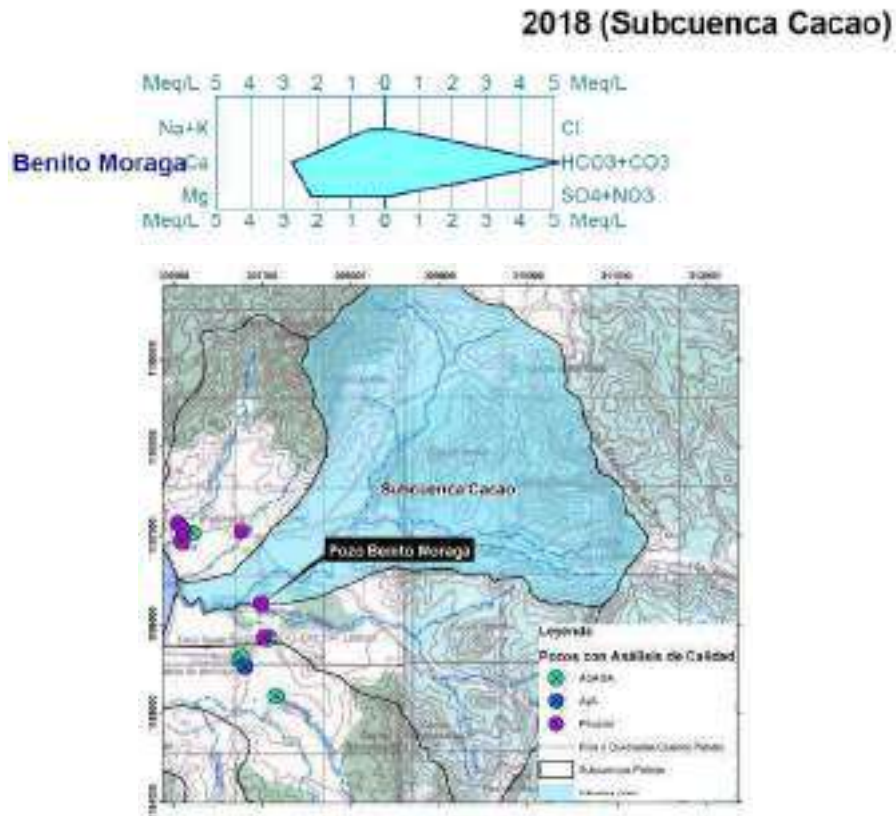


Figura 20: Diagrama Stiff en el que se representan las 5 muestras analizadas de la Subcuenca Pajas de la campaña del 2018.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Cacao durante la campaña de muestreo del 2018 se representa en las figuras N°21 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 21 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 43, se muestran los resultados del análisis realizado.

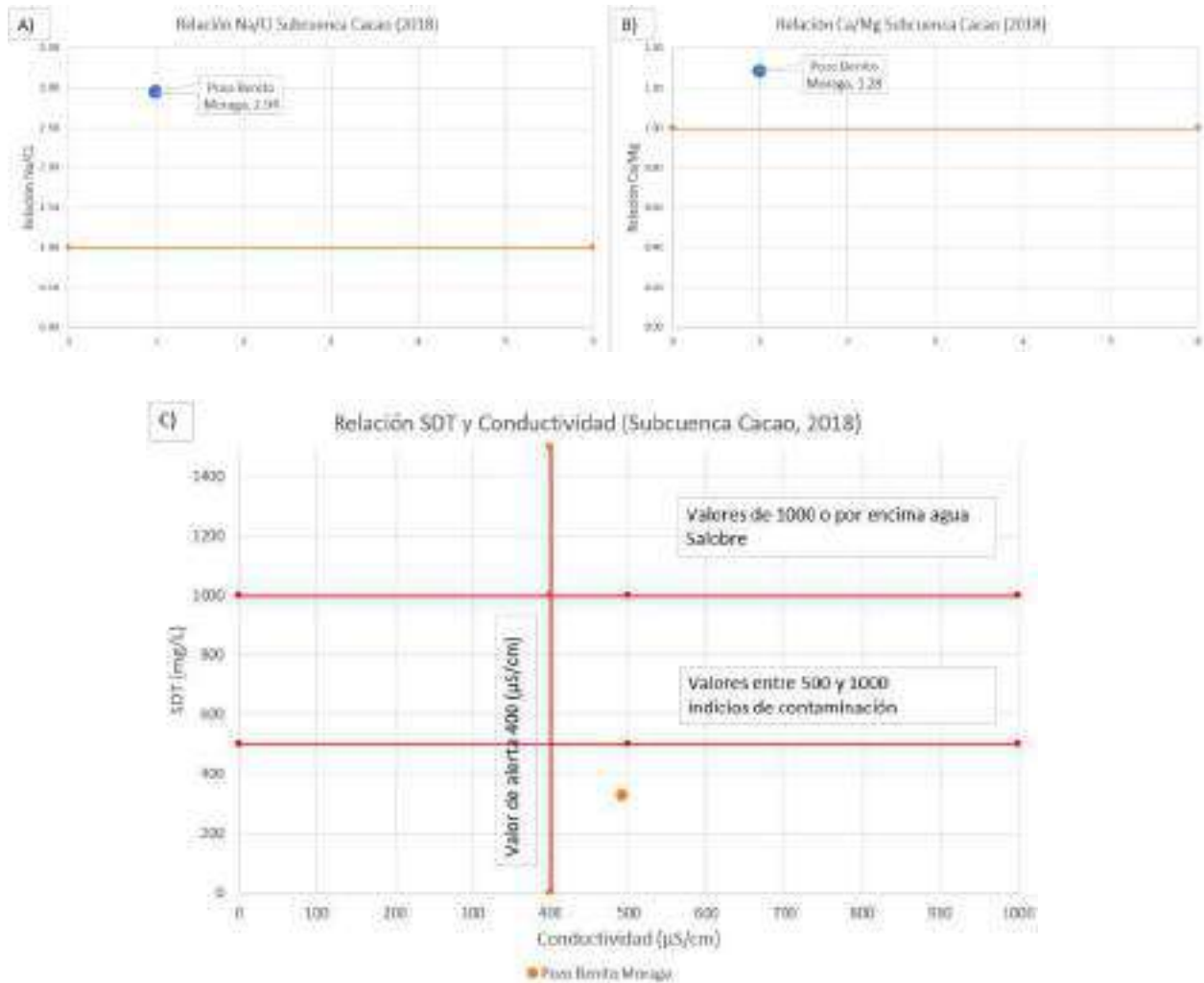


Figura 21: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 43: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo Benito Moraga	2.94	1.27	327.8	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 43, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de agosto 2018.

Con referencia a la conductividad analizada durante el periodo agosto 2018, la misma es de 493 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según el reporte de Laboratorio Nacional de Aguas (AyA-ID-07964-2018), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

➤ Subcuenca Guapes (2018)

La Figura 22 corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2018 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama las muestras clasifican como Bicarbonatadas cálcicas.

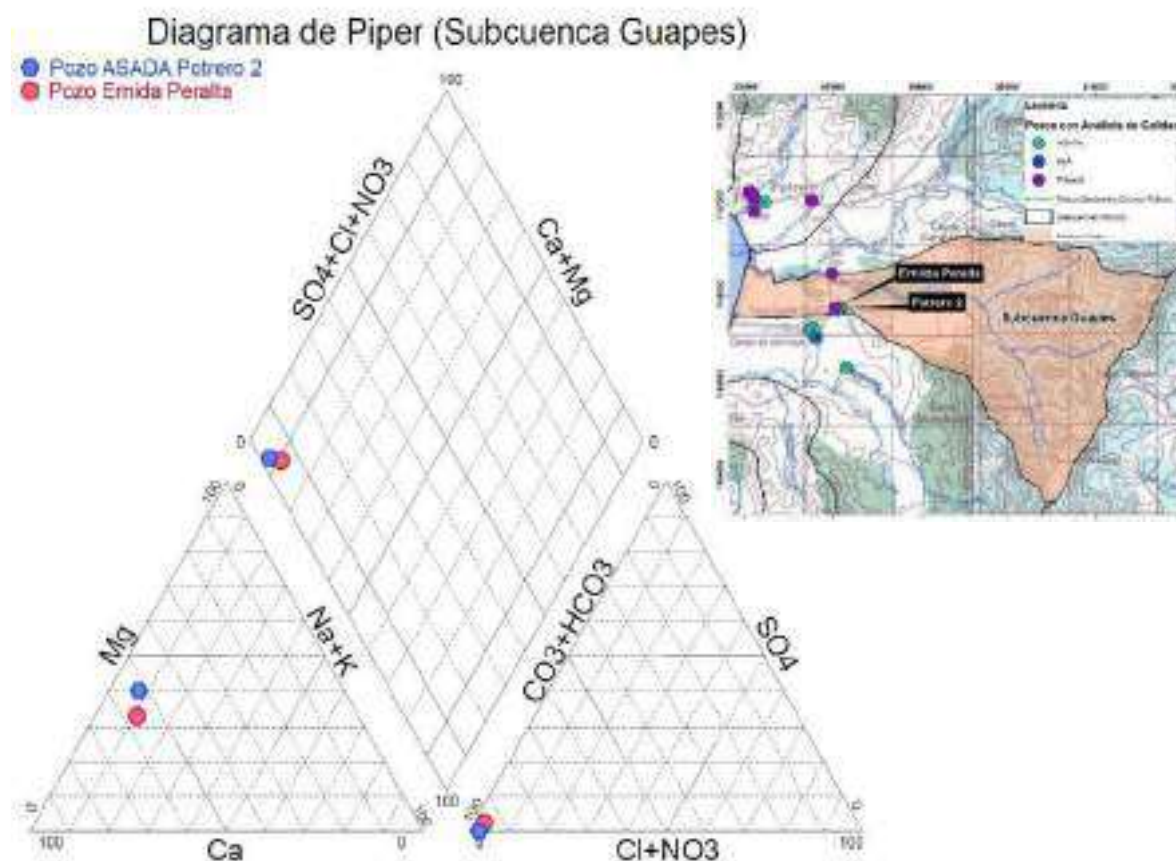


Figura 22: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2018 en pozos de Subcuenca Guapes.

La Figura 23, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones de las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes en la campaña de muestreo del 2018.

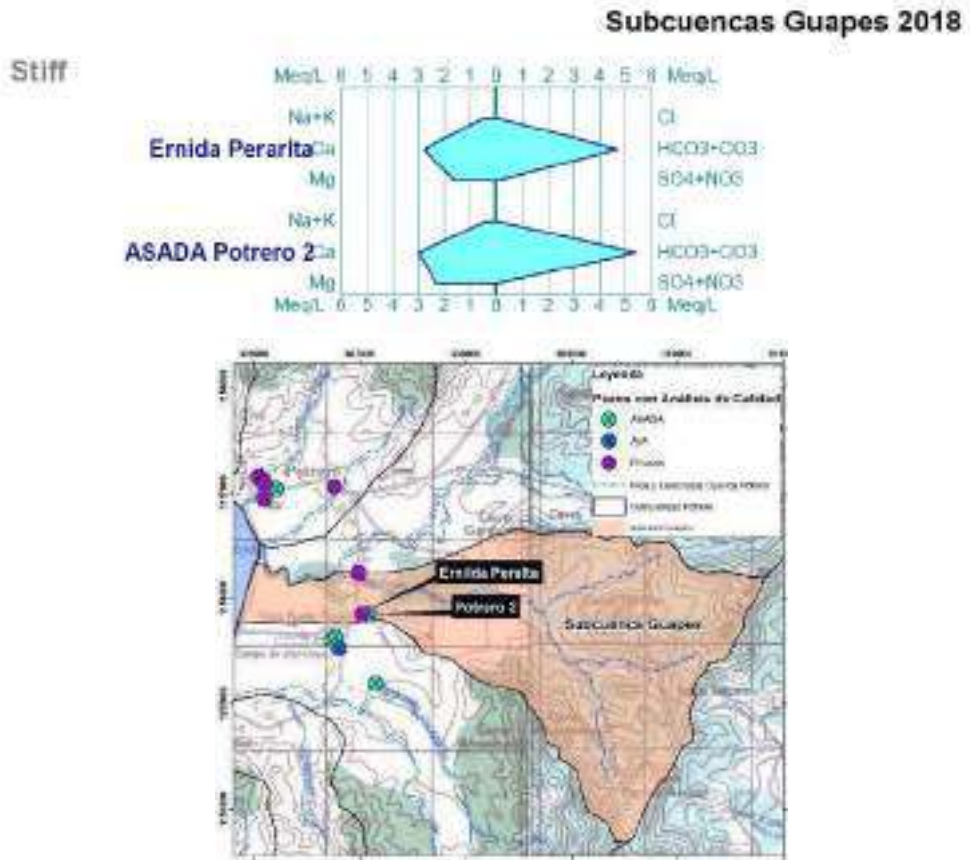


Figura 23: Diagrama Stiff en el que se representa las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2018.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Guapes durante la campaña de muestreo del 2018 se representa en las figuras N°24 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 24 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 44 se muestran los resultados del análisis realizado.

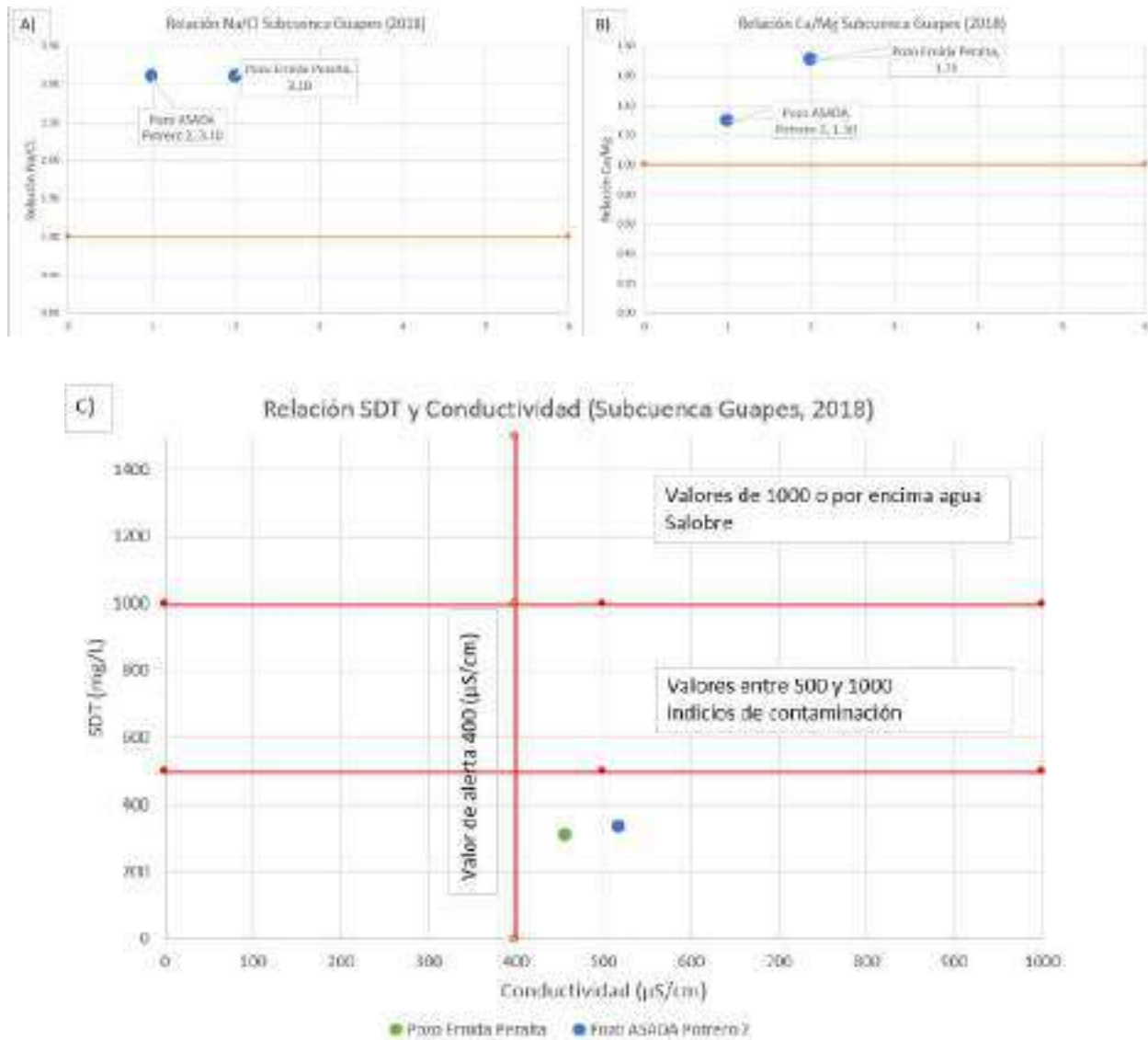


Figura 24: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 44: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo ASADA Potrero 2	2.94	1.27	327.8	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Ernida Peralta	4.29	1.70	308.84	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

*** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 44, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de agosto 2018.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo agosto 2018, las mismas varían entre 457-518 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según los reportes del Laboratorio Nacional de Aguas (AyA-ID-07956-2018 y AyA-ID-08017-2018), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro y se indica que las determinaciones puntuales efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad de Agua Potable N°38924-S.

➤ Subcuenca Cucaracha (2018)

La Figura 25, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2018 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama las muestras clasifican como Bicarbonatadas cálcicas.

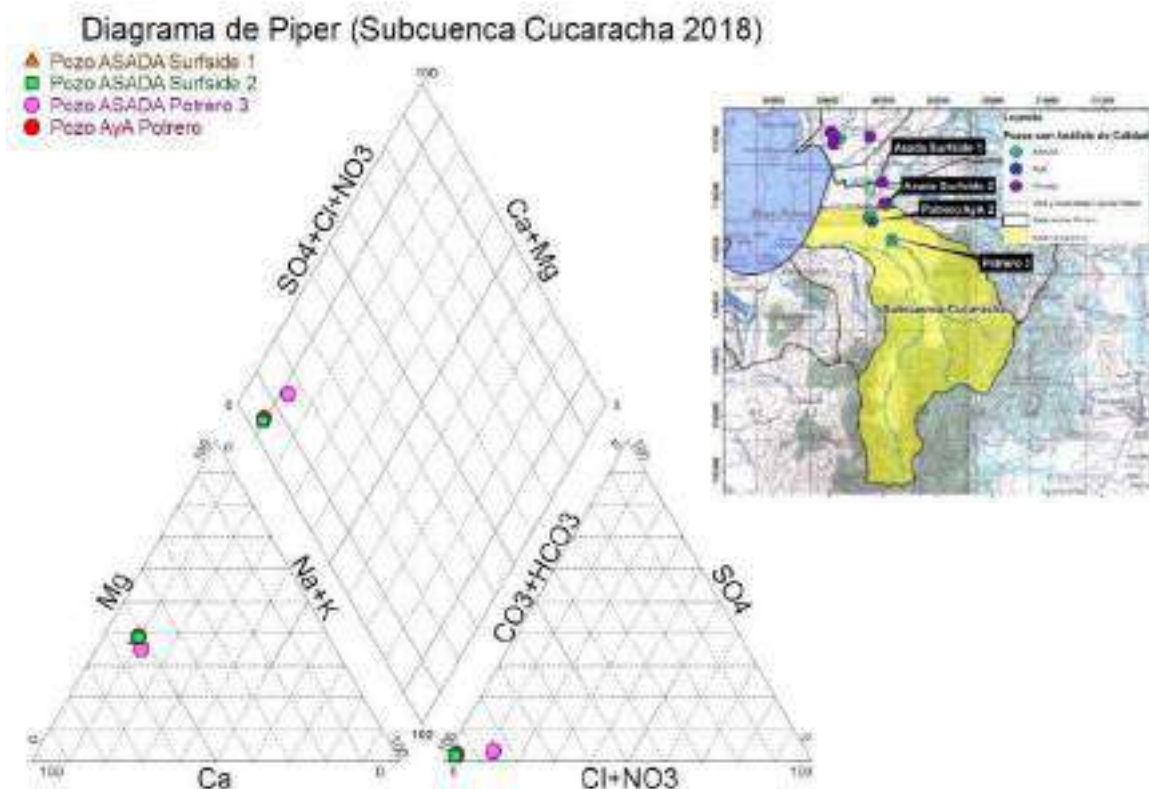


Figura 25: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2018 en pozos de Subcuenca Cucaracha.

La Figura 26, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones de las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha en la campaña de muestreo del 2018.

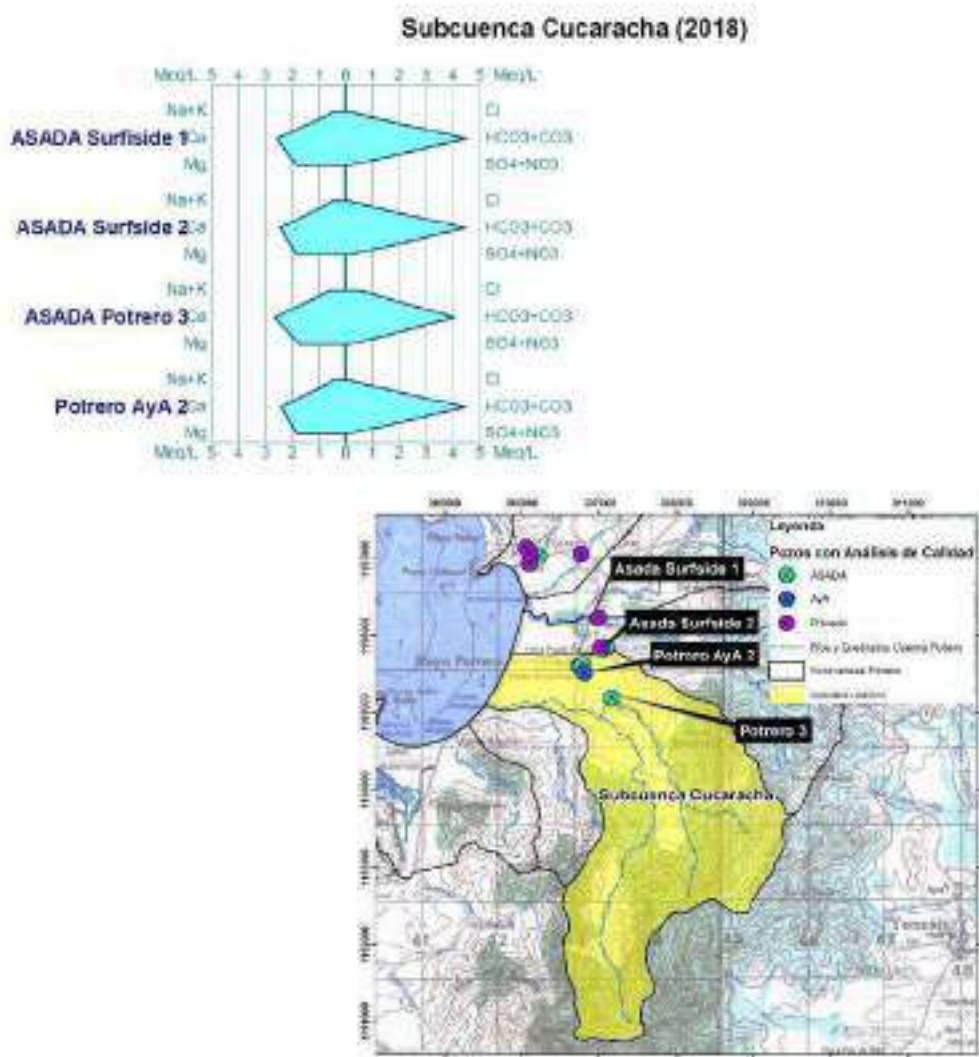


Figura 26: Diagrama Stiff en el que se representan las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha de la campaña del 2018.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Cucaracha durante la campaña de muestreo del 2018 se representa en las figuras N°27 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 27 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 45, se presentan los resultados del análisis.

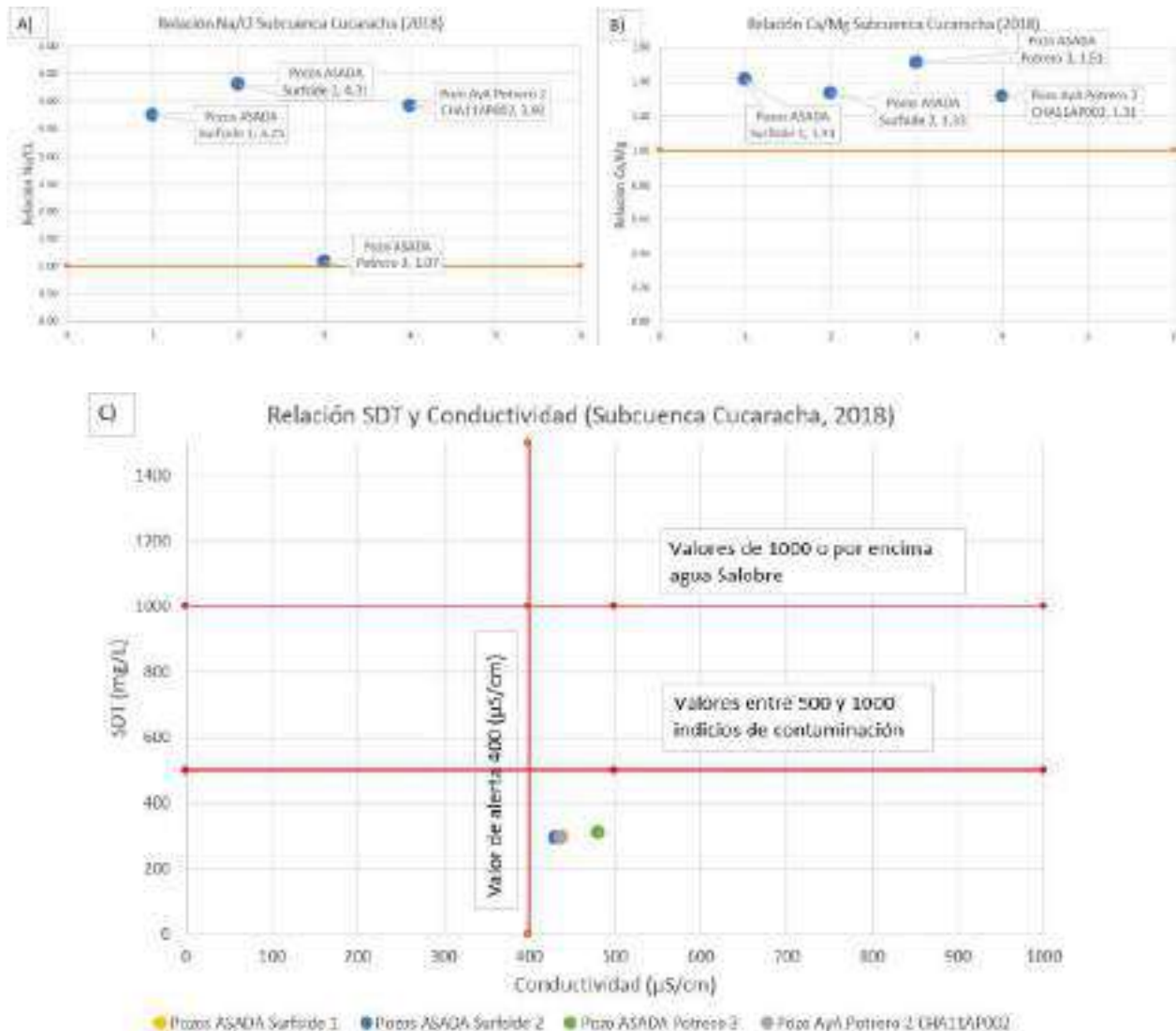


Figura 27: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 45: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo ASADA Surfside 1	3.74	1.41	298.11	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo ASADA Surfside 2	4.31	1.33	293.33	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo ASADA Potrero 3	1.06	1.51	308.25	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo AyA Potrero 2	3.91	1.31	293.84	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

** Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

*** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 45, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de agosto 2018.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo agosto 2018, las mismas varían entre 432-480 $\mu\text{S/cm}$, donde según los reportes del Laboratorio Nacional de Aguas (AyA-ID-07959-2018, AyA-ID-07960-2018, AyA-ID-07957-2018 y AyA-ID-07956-2018), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro y se indica que las determinaciones puntuales efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad de Agua Potable N°38924-S.

6.3 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2019.

Para la campaña del 2019, se cuenta con información de calidad para 4 subcuencas: Pilas (5 pozos), Cacao (1 pozo), Guapes (2 pozo) y Cucaracha (4 pozos).

➤ Subcuenca Pilas. (2019)

La Figura 28, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2019 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama el agua analizada clasifica como Bicarbonatada cálcica.

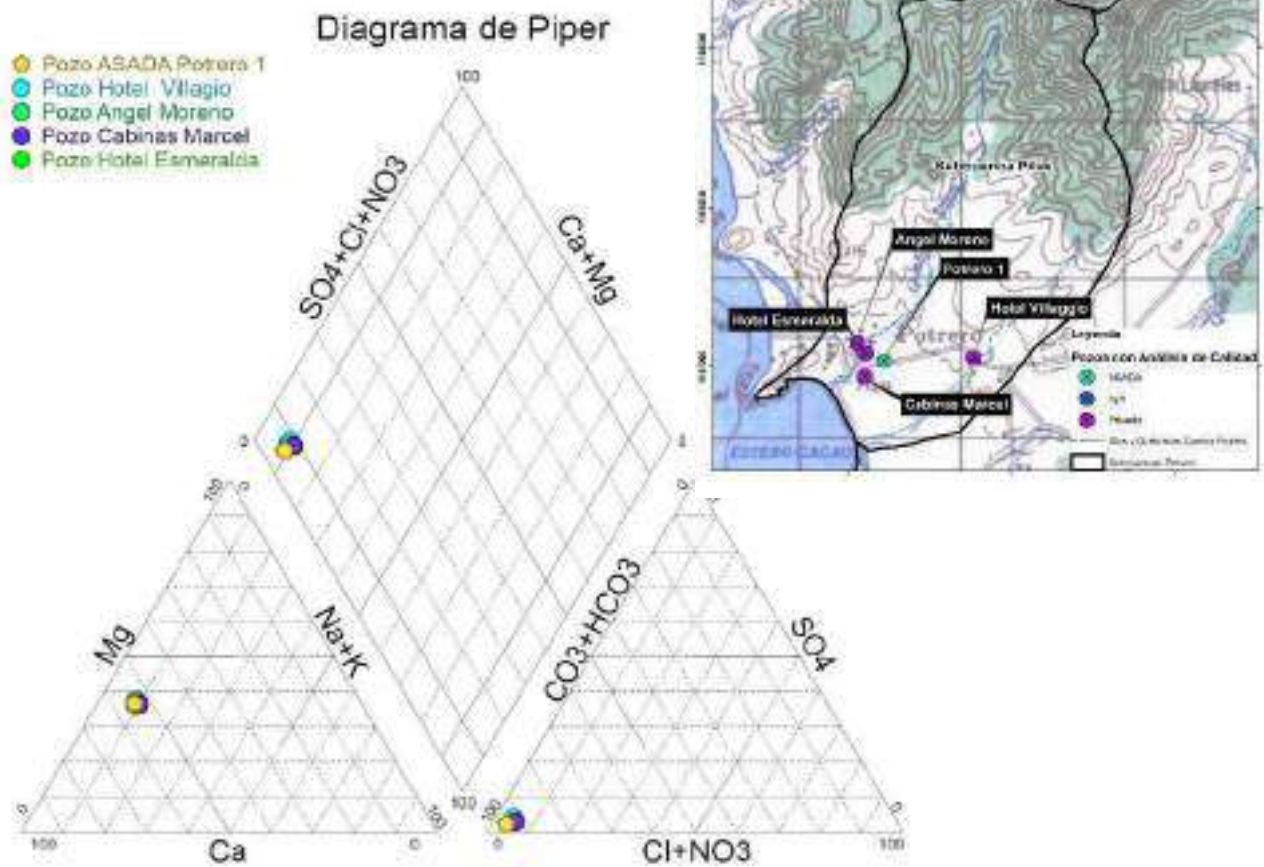


Figura 28: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2019 en pozos de Subcuenca Pilas.

La Figura 29, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones para las 5 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas en la campaña de muestreo del 2019.

Subcuenca Pilas 2019

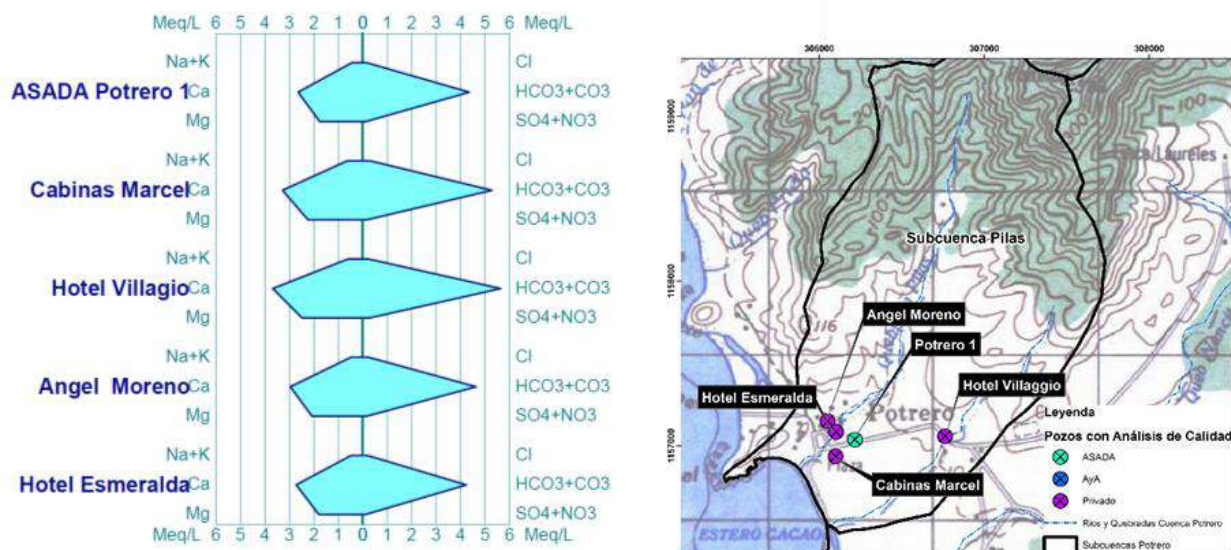


Figura 29: Diagrama Stiff en el que se representan las 5 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2019.

Del diagrama Stiff es posible observar como la muestra correspondiente al pozo Hotel Villaggio y pozo Cabinas Marcel presenta mayores concentraciones de Bicarbonatos por arriba de los 5 meq/L.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Pilas durante la campaña de muestreo del 2019 se representa en las figuras N°30 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 30 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 46, se presenta el detalle de los resultados obtenidos.

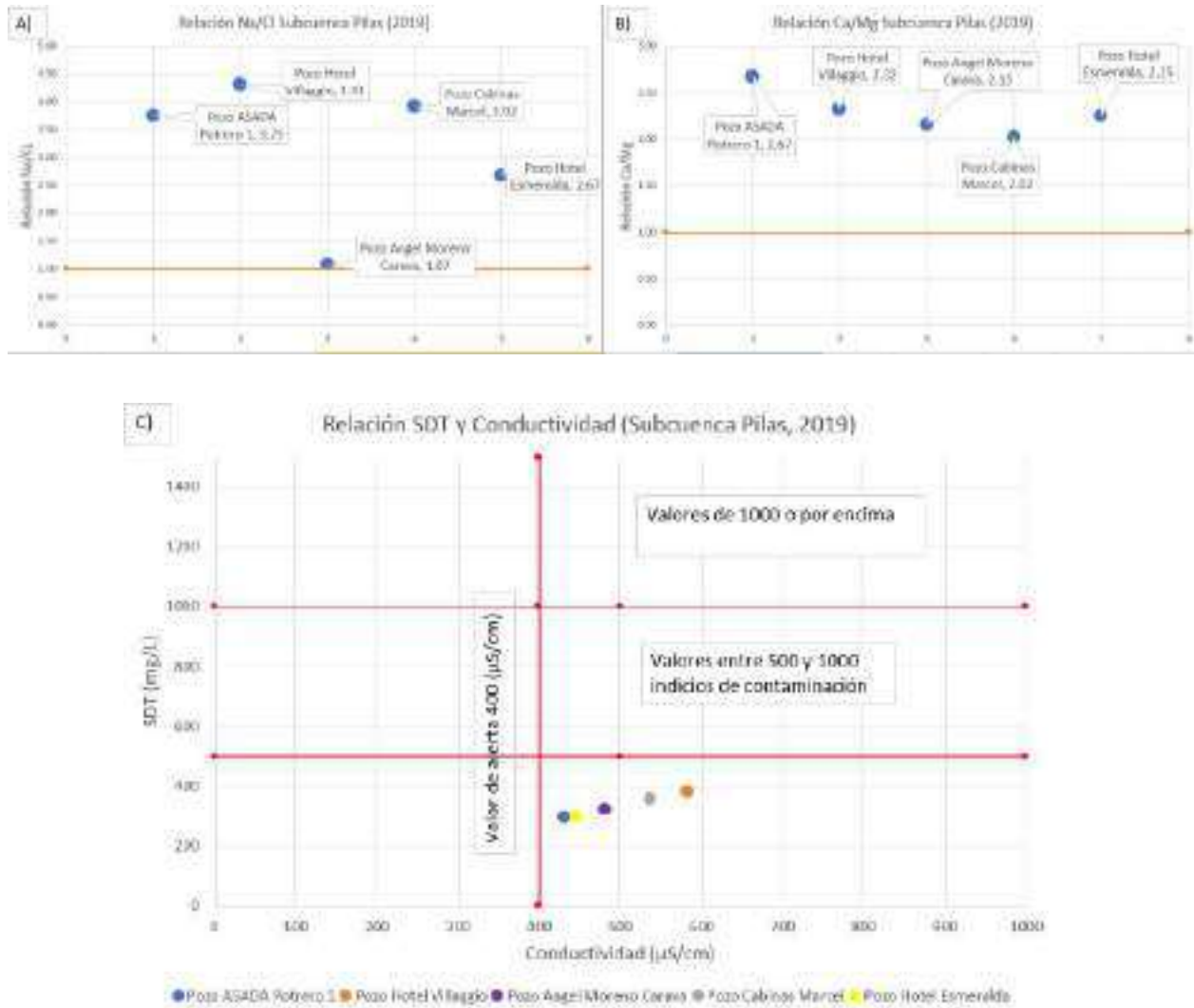


Figura 30: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 46: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Asada Potrero 1	2.66	1.5	295.22	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Hotel Villaggio	2.32	1.49	378.05	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Ángel Moreno	2.15	1.43	321.42	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Cabinas Marcel	2.021	1.46	355.93	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Hotel Esmeralda	2.24	1.51	298.31	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

** Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

*** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 46, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de junio 2019.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo junio 2019, las mismas varían entre 432-584 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según los reportes del Laboratorio Nacional de Aguas (AyA-ID-05293-2019, AyA-ID-5300-2019, AyA-ID-05297-2019, AyA-ID-05296-2019 y AyA-ID-05298-2019), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro y se indica que las determinaciones puntuales efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad de Agua Potable N°38924-S.

➤ Subcuenca Cacao. (2019)

La Figura 31 corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotea el análisis de del pozo Benito Moraga muestreado en el 2019 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama el agua analizada clasifica como Bicarbonatada cálcica.

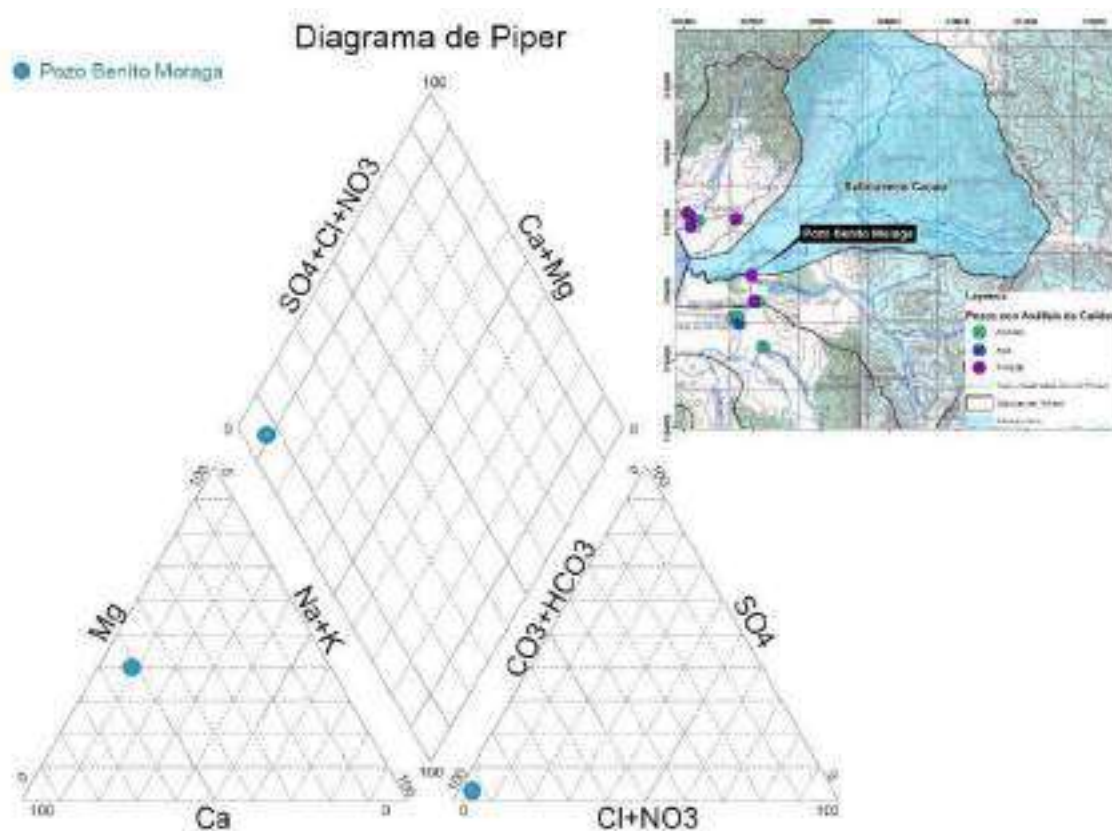


Figura 31: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2019 en pozo de Subcuenca Cacao.

La Figura 32, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en la concentración para la muestra analizada en la Subcuenca Cacao en la campaña de muestreo del 2019.

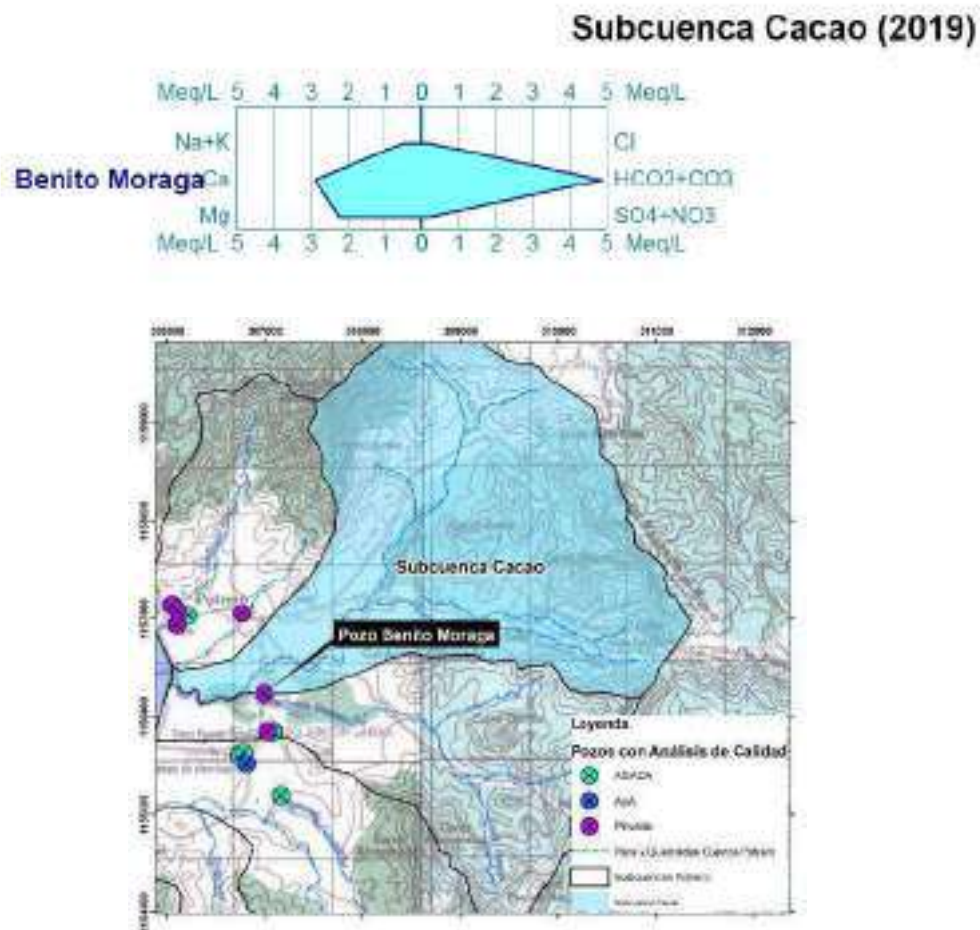


Figura 32: Diagrama Stiff en el que se representan la muestra analizada de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2019.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Cacao durante la campaña de muestreo del 2019 se representa en las figuras N°33 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 33 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 47 se detallan los resultados del análisis.

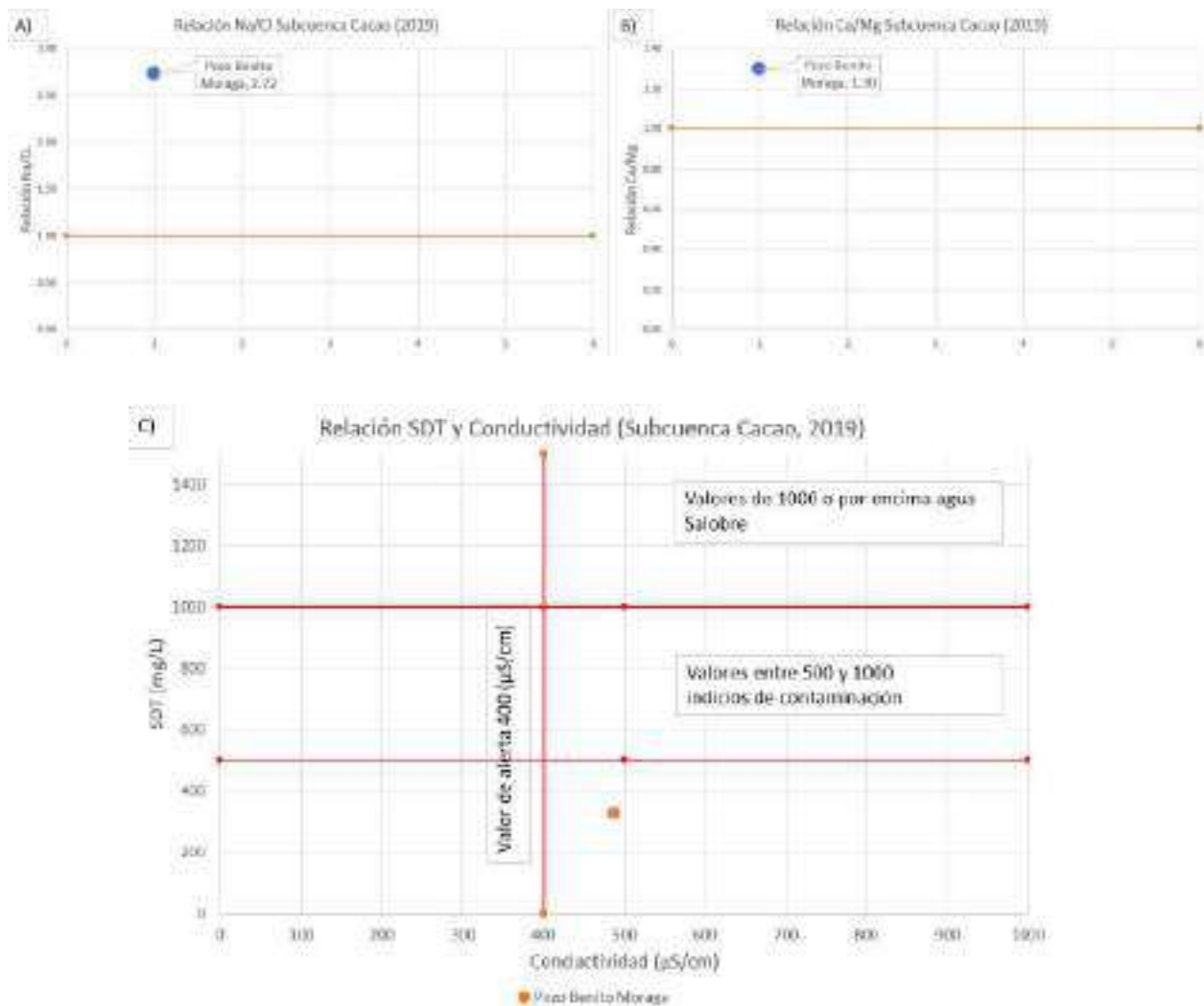


Figura 33: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 47: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo Benito Moraga	2.72	1.29	325.58	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 47, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de junio 2019.

Con referencia a la conductividad analizada durante el periodo junio 2019, la misma es de 488 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según el reporte del Laboratorio Nacional de Aguas (AyA-ID-05301-2019) no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

➤ Subcuenca Guapes (2019)

La Figura 34, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2019 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama las muestras clasifican como Bicarbonatadas cálcicas.

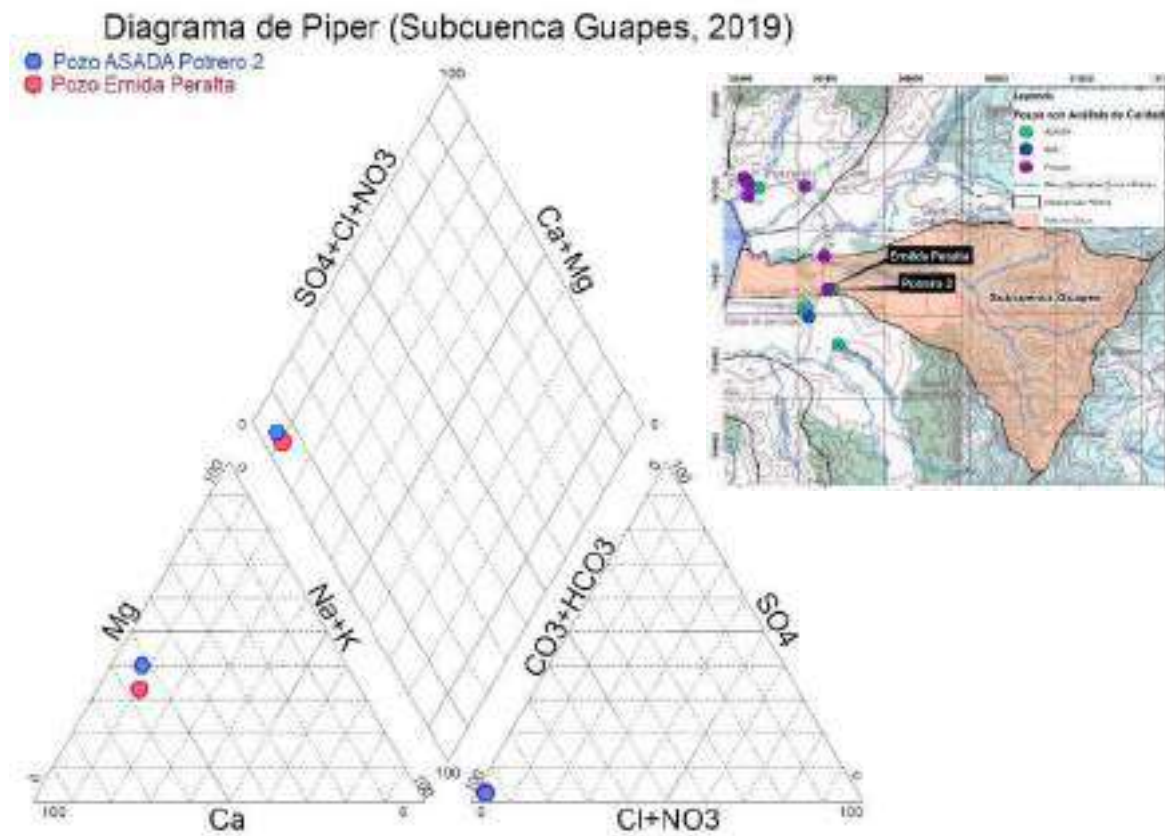


Figura 34: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2019 en pozos de Subcuenca Guapes.

La Figura 35, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones de las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes en la campaña de muestreo del 2019.

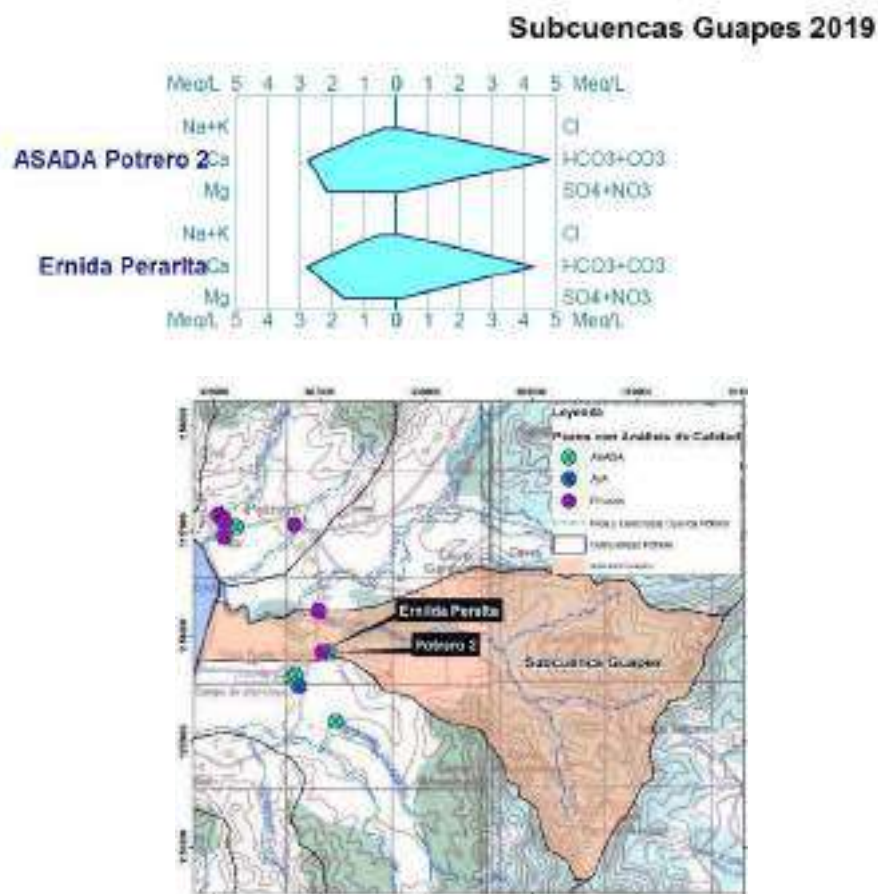


Figura 35: Diagrama Stiff en el que se representa las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2019.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Guapes durante la campaña de muestreo del 2019 se representa en las figuras N°36 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 36 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 48 se muestran los resultados del análisis.

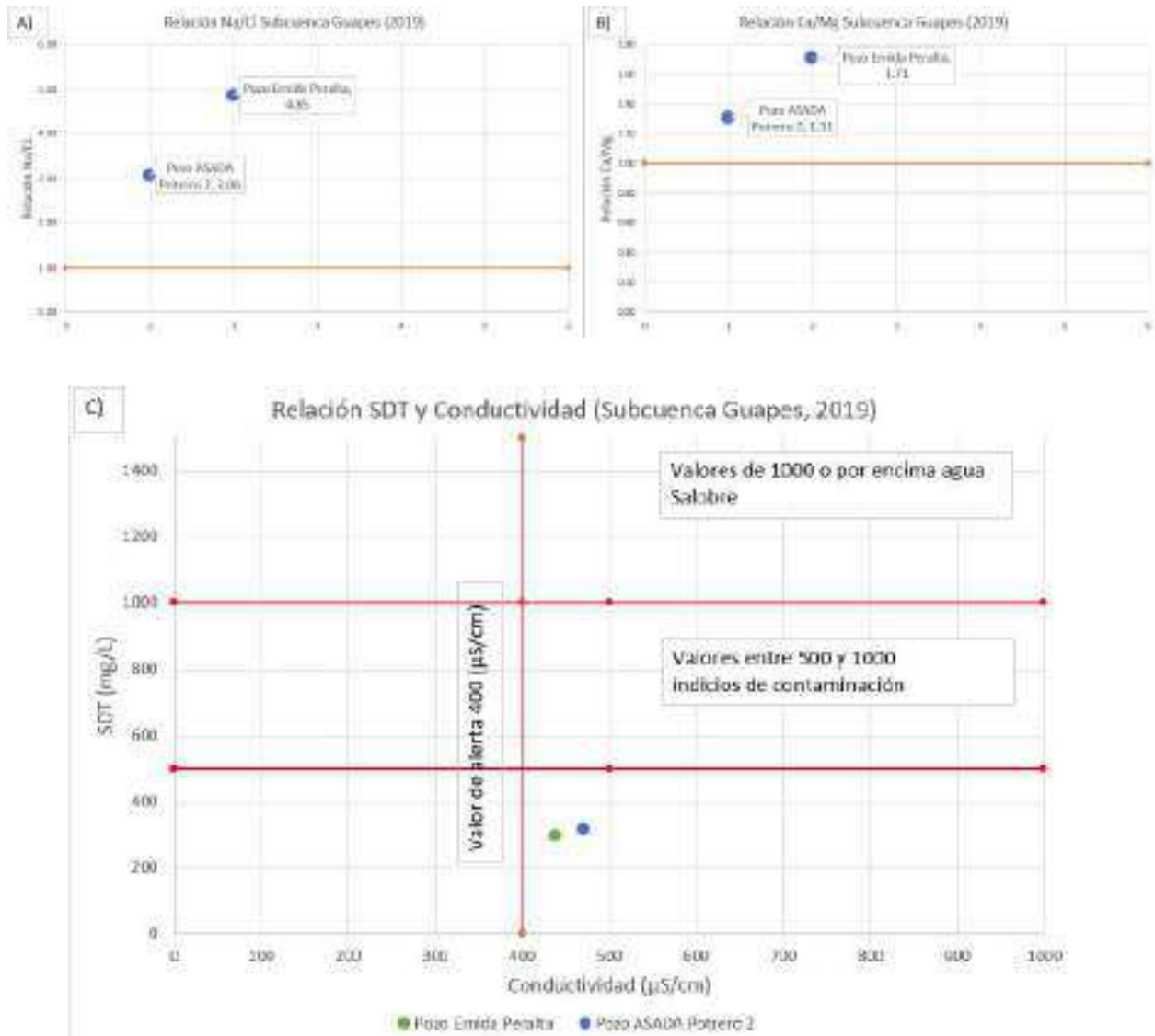


Figura 36: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 48: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo ASADA Potrero 2	3.05	1.30	315.01	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Ernida Peralta	4.85	1.71	296.57	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 48, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de junio 2019.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo junio 2019, las mismas varían entre 438-471 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según los reportes del Laboratorio Nacional de Aguas (AyA-ID-05291-2019 y AyA-ID-05299-2019), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

➤ **Subcuenca Cucaracha (2019)**

La Figura 37, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2019 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama las muestras clasifican como Bicarbonatadas cálcicas.

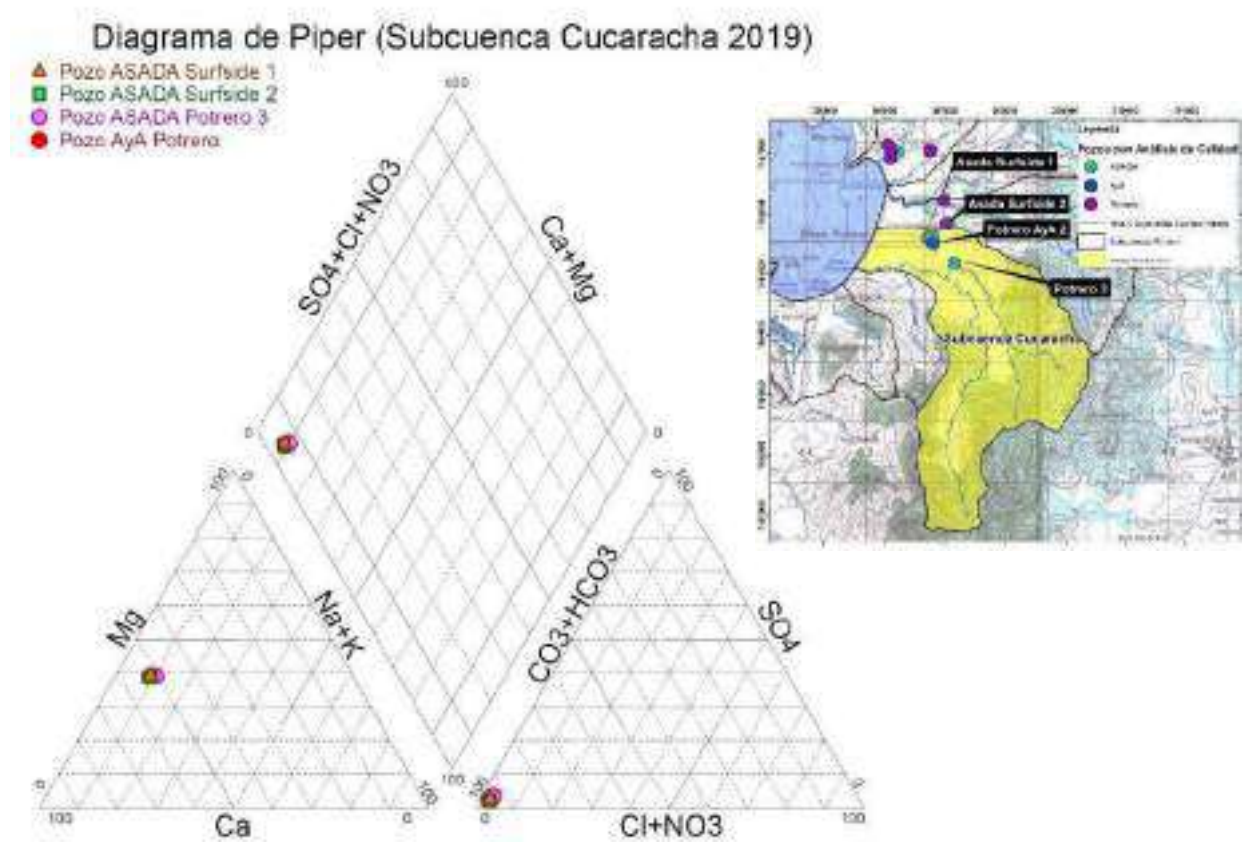


Figura 37: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2019 en pozos de Subcuenca Cucaracha.

La Figura 38, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones de las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha en la campaña de muestreo del 2019.

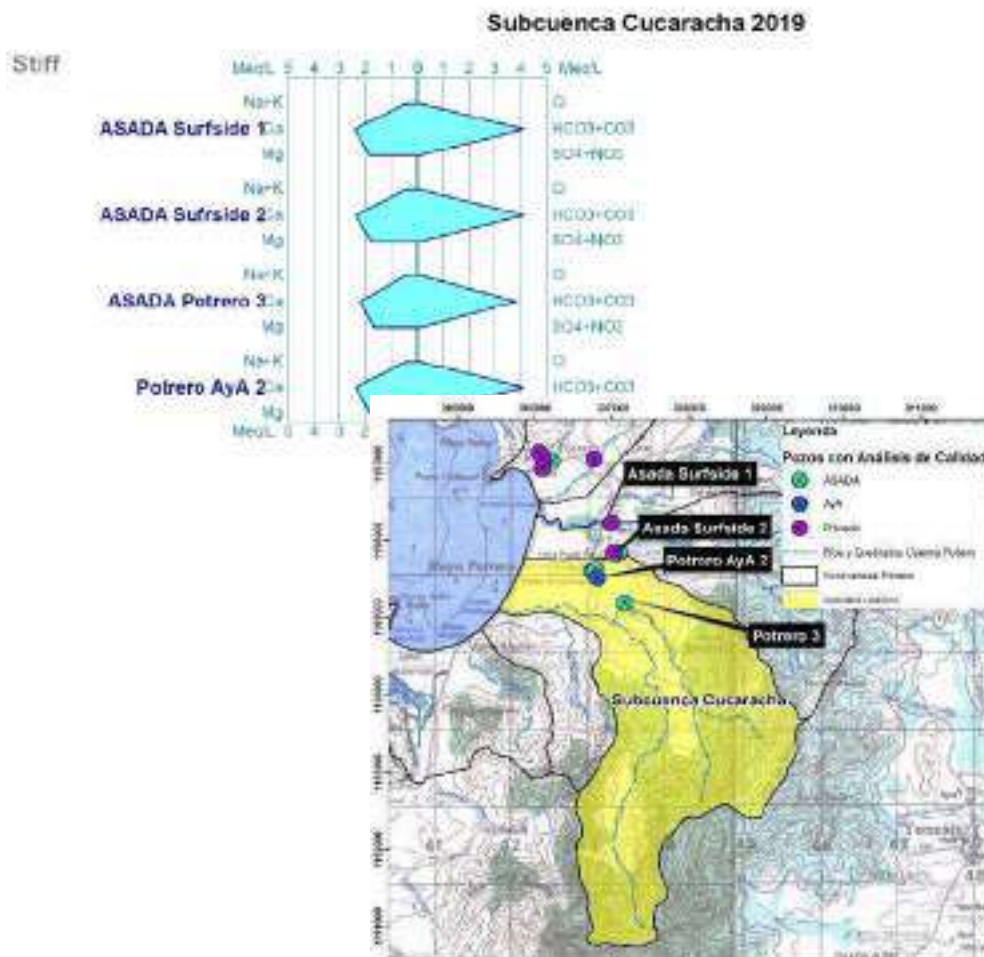


Figura 38: Diagrama Stiff en el que se representan las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha de la campaña del 2019.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Cucaracha durante la campaña de muestreo del 2019 se representa en las figuras N°39 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 39 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 49 se muestran los resultados del análisis.

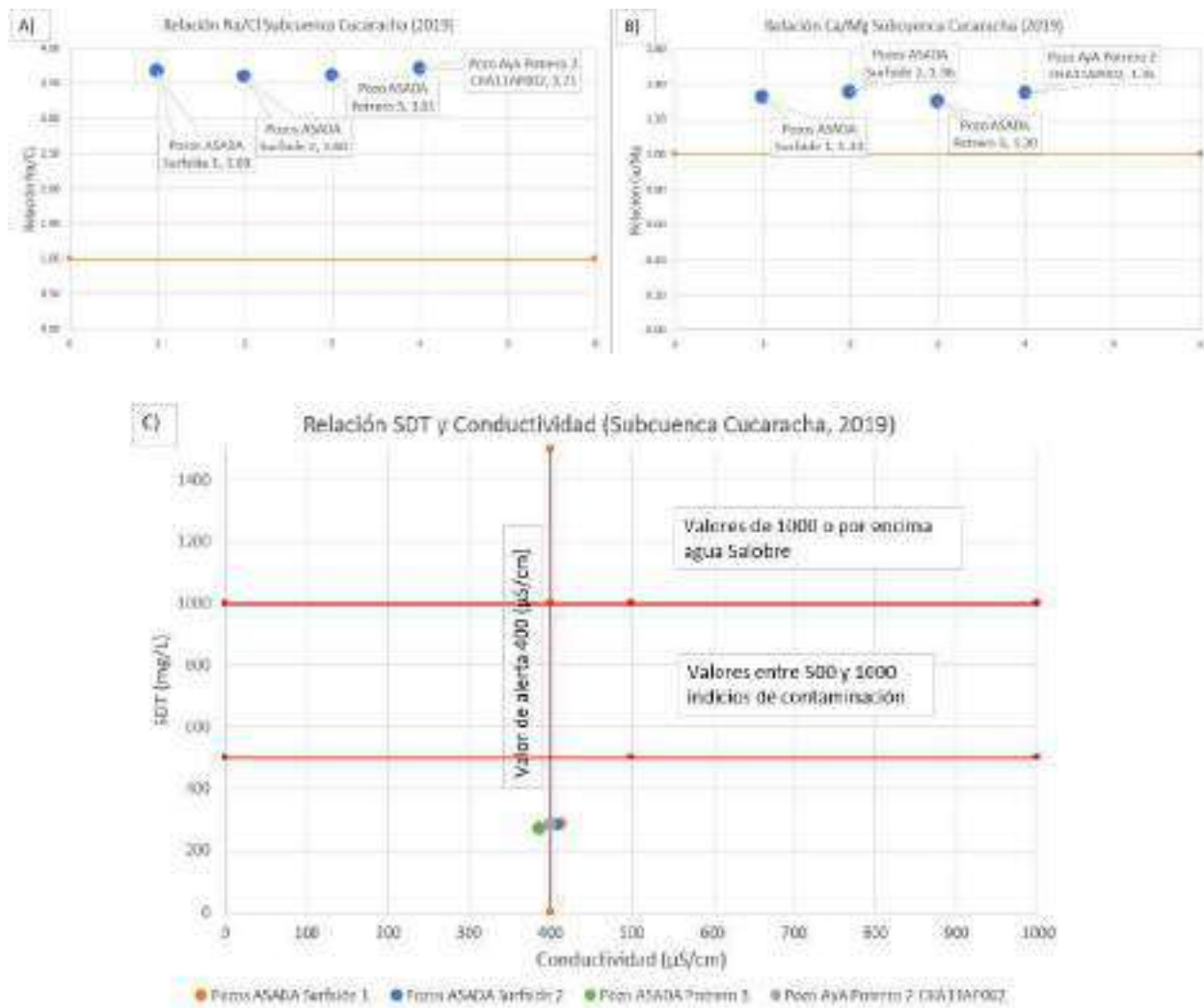


Figura 39: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 49: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo ASADA Surfside 1	3.68	1.32	284.64	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo ASADA Surfside 2	3.60	1.35	282.42	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo ASADA Potrero 3	3.61	1.30	270.48	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo AyA Potrero 2	3.71	1.34	282.75	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

*** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 49, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de junio 2019.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo junio 2019, las mismas varían entre 388-414 $\mu\text{S/cm}$, donde según los reportes del Laboratorio Nacional de Aguas (AyA-ID-05294-2019, AyA-ID-5295-2019, AyA-ID-05292-2019 y AyA-ID-05291-2019), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro y se indica que las determinaciones puntuales efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad de Agua Potable N°38924-S.

6.4 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2020.

Para la campaña del 2020 se cuenta con información de calidad para 4 subcuencas: Pilas (5 pozos), Cacao (1 pozo), Guapes (2 pozos) y Cucaracha (4 pozos).

➤ Subcuenca Pilas. (2020)

La Figura 40, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2020 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama el agua analizada clasifica como Bicarbonatada cálcica.

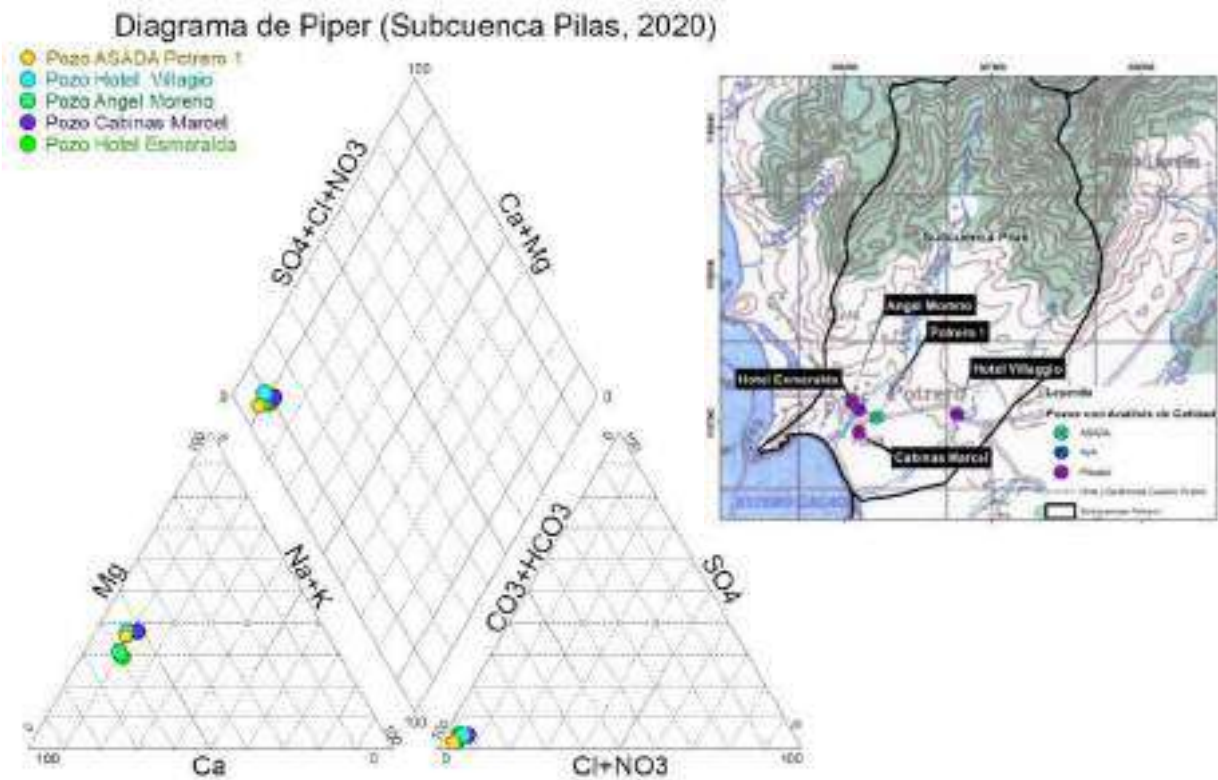


Figura 40: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2020 en pozos de Subcuenca Pilas.

La Figura 41, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones para las 5 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas en la campaña de muestreo del 2020.

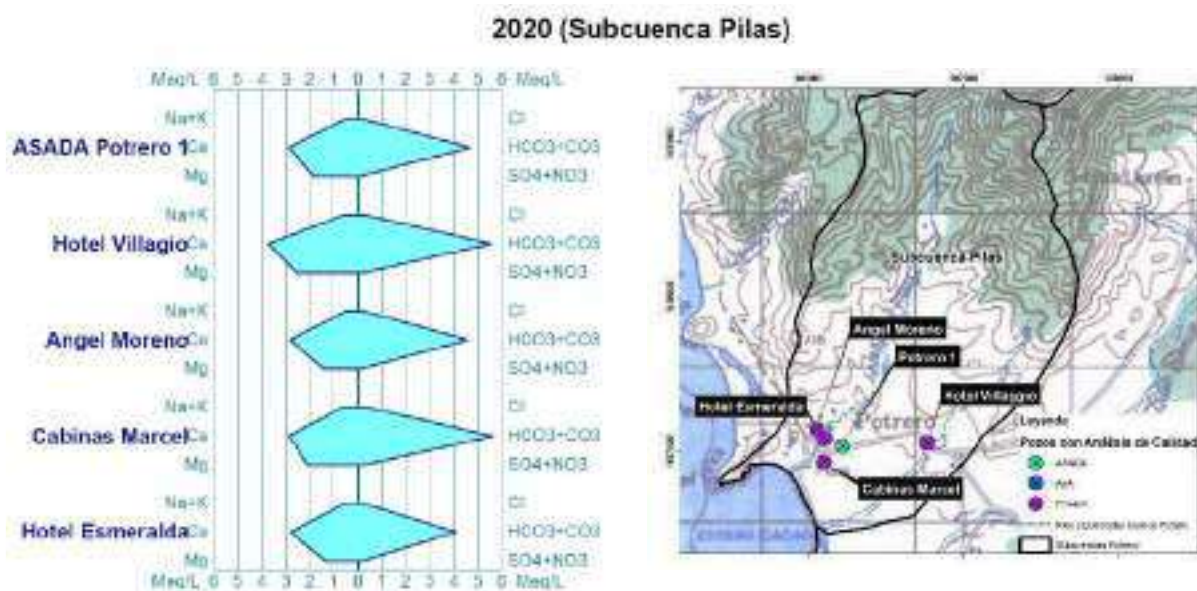


Figura 41: Diagrama Stiff en el que se representan las 5 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2020.

Del diagrama Stiff es posible observar como la muestra correspondiente al Pozo Hotel Villaggio y Pozo Cabinas Marcel presenta mayores concentraciones de Bicarbonatos por arriba de los 5 meq/L.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Pilas durante la campaña de muestreo del 2020 se representa en las figuras N°42 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 42 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 50, se muestran los resultados del análisis.

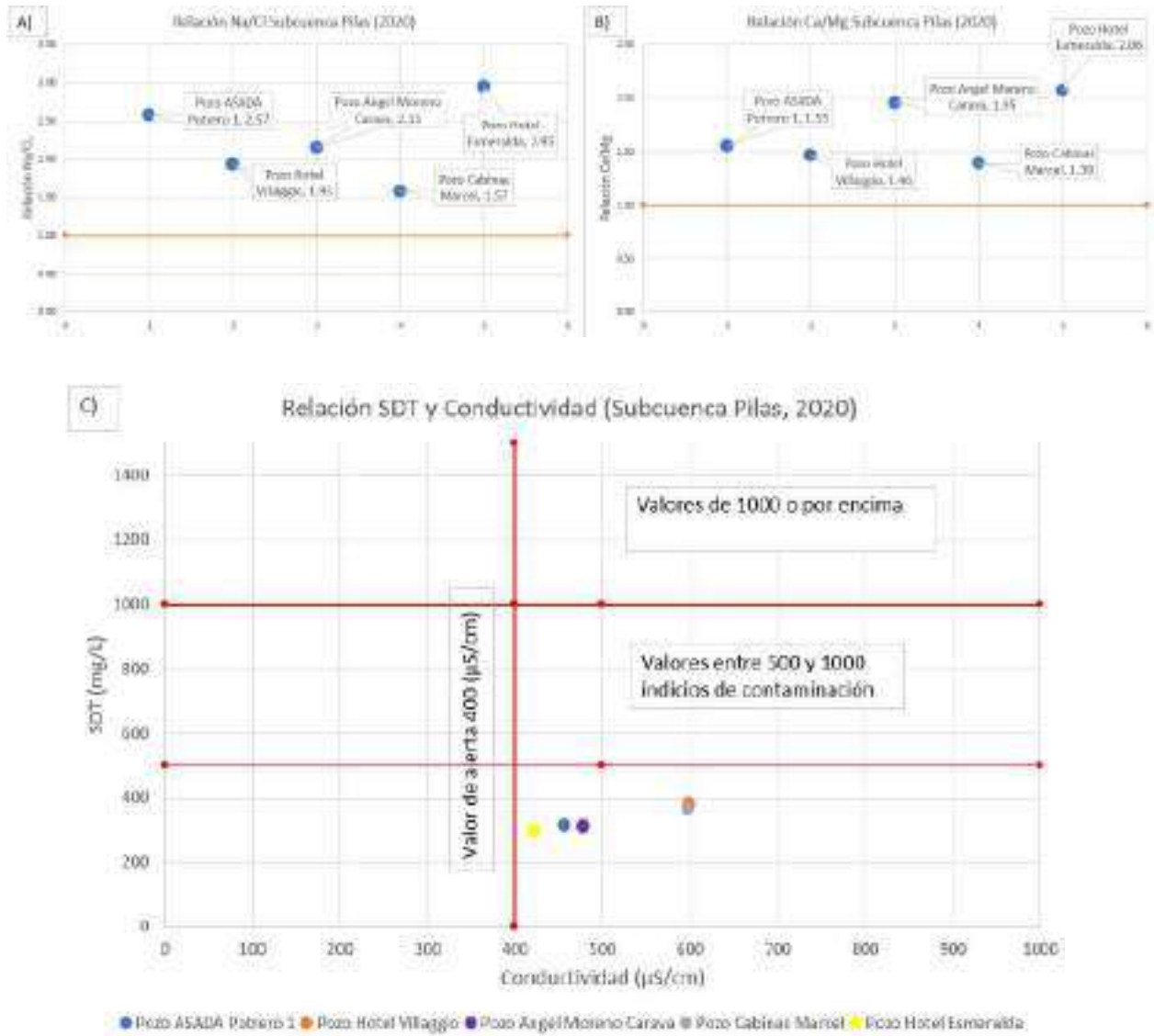


Figura 42: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 50: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Asada Potrero 1	2.56	1.55	313.05	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Hotel Villagio	1.92	1.45	379.96	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Ángel Moreno	2.14	1.95	307.71	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Cabinas Marcel	1.56	1.39	363.46	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Hotel Esmeralda	2.94	2.06	295.09	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

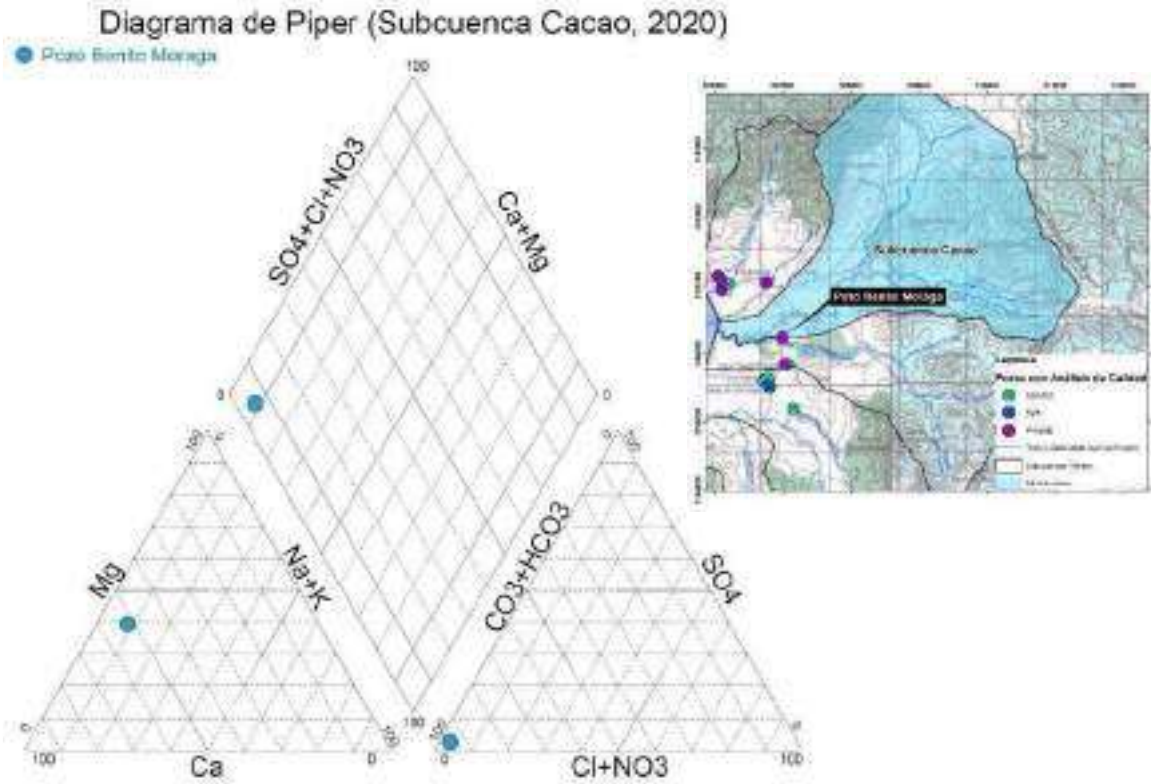
** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 50, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de julio 2020.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo julio 2020, las mismas varían entre 423-599 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según la certificación emitida por el Laboratorio Nacional de Aguas para los resultados del muestreo del 2020 (Anexo 4), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

➤ **Subcuenca Cacao. (2020)**

La Figura 43, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotea el análisis de del pozo Benito Moraga muestreado en el 2020 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama el agua analizada clasifica como Bicarbonatada cálcica.



La Figura 44, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en la concentración para la muestra analizada en la Subcuenca Cacao en la campaña de muestreo del 2020.

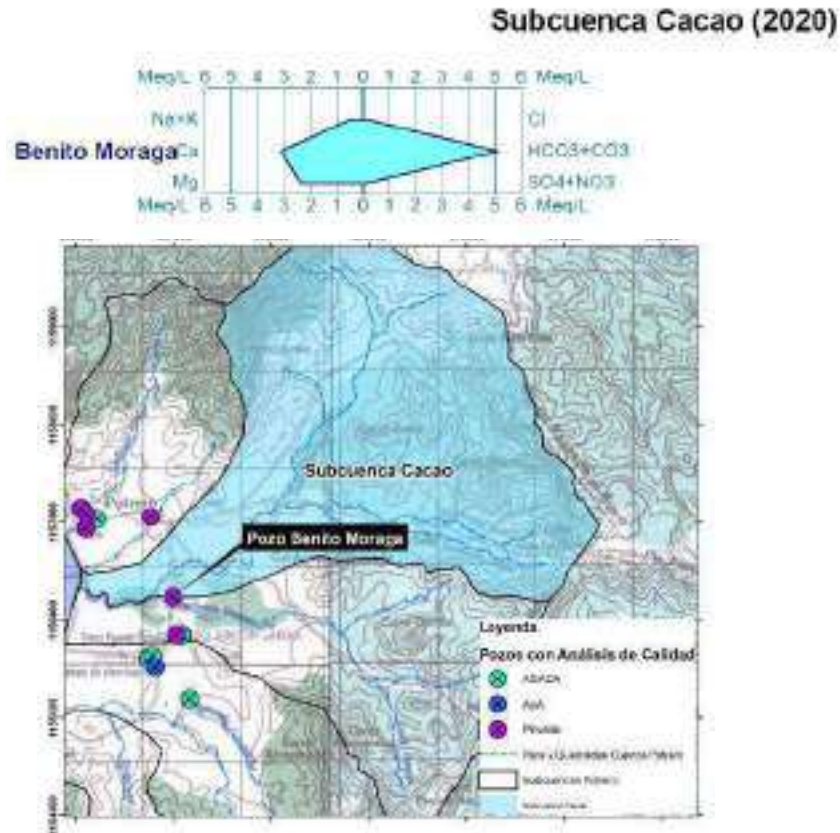


Figura 44: Diagrama Stiff en el que se representa la muestra analizada de la Subcuenca Cacao de la campaña del 2020.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Cacao durante la campaña de muestreo del 2020 se representa en las figuras N°45 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 45 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 51, se muestran los resultados del análisis.

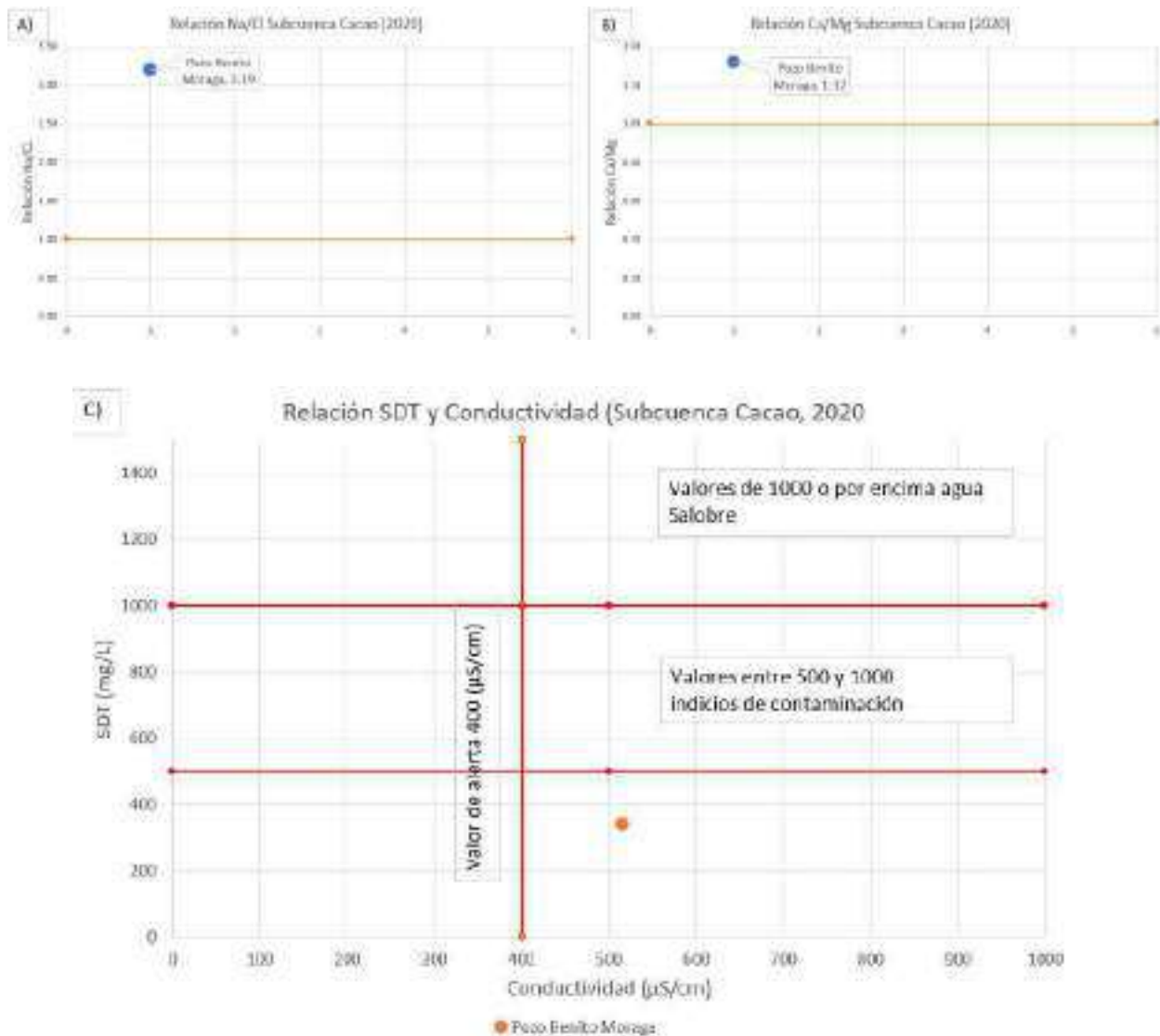


Figura 45: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 51: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo Benito Moraga	3.19	1.31	339.75	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

*** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 51, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de julio 2020.

Con referencia a la conductividad analizada durante el periodo julio 2020, la misma es de 516 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según la certificación emitida por el Laboratorio Nacional de Aguas para los resultados del muestreo del 2020 (Anexo 4), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

➤ Subcuenca Guapes (2020)

La Figura 46 corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2020 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama las muestras clasifican como Bicarbonatadas cálcicas.

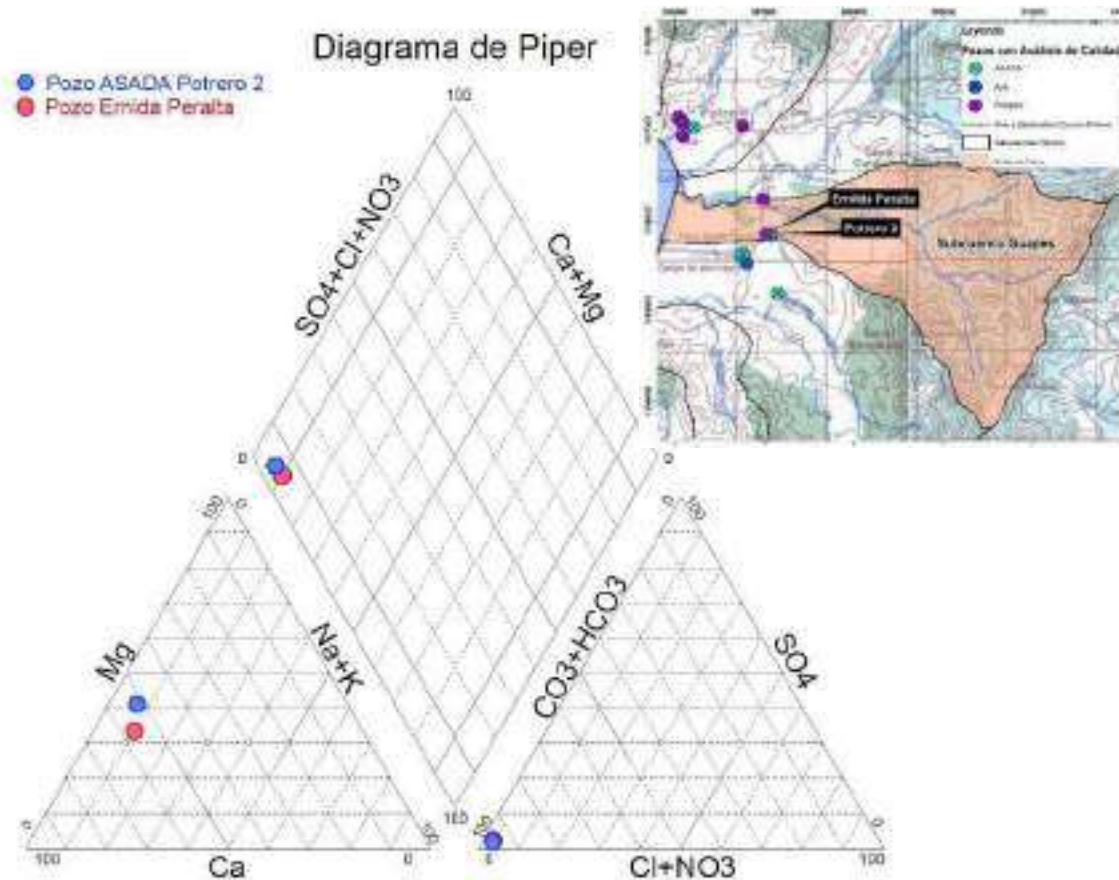


Figura 46: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2020 en pozos de Subcuenca Guapes.

La Figura 47, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones de las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes en la campaña de muestreo del 2020.

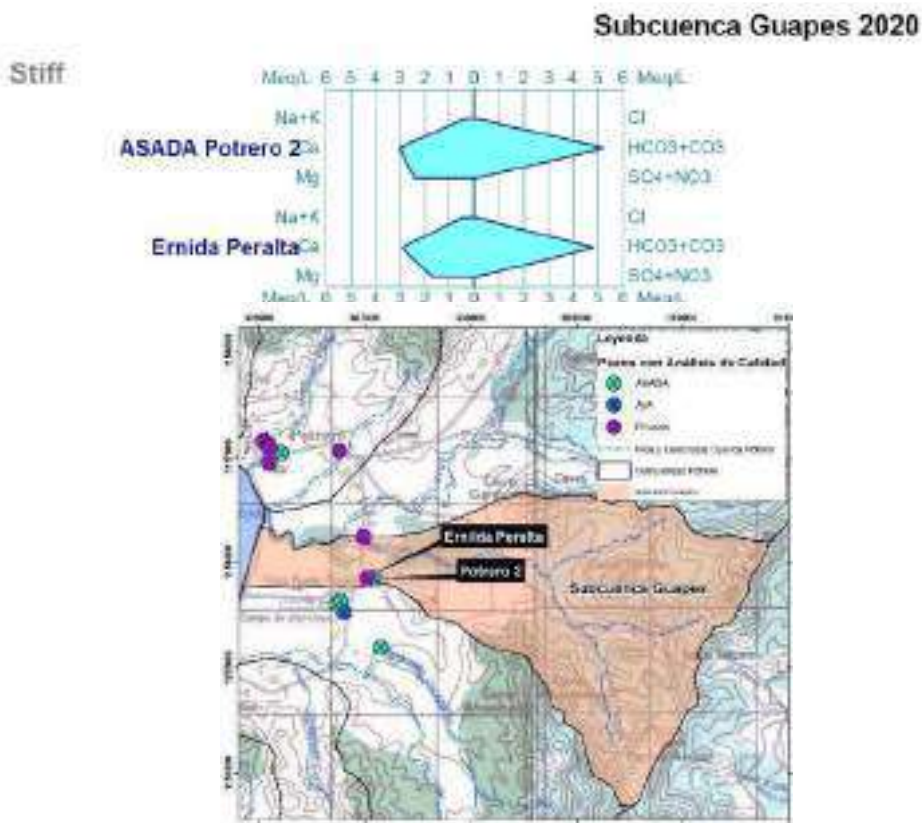


Figura 47: Diagrama Stiff en el que se representa las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2020.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Guapes durante la campaña de muestreo del 2020 se representa en las figuras N°48 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 48 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 52, se muestran los resultados del análisis.

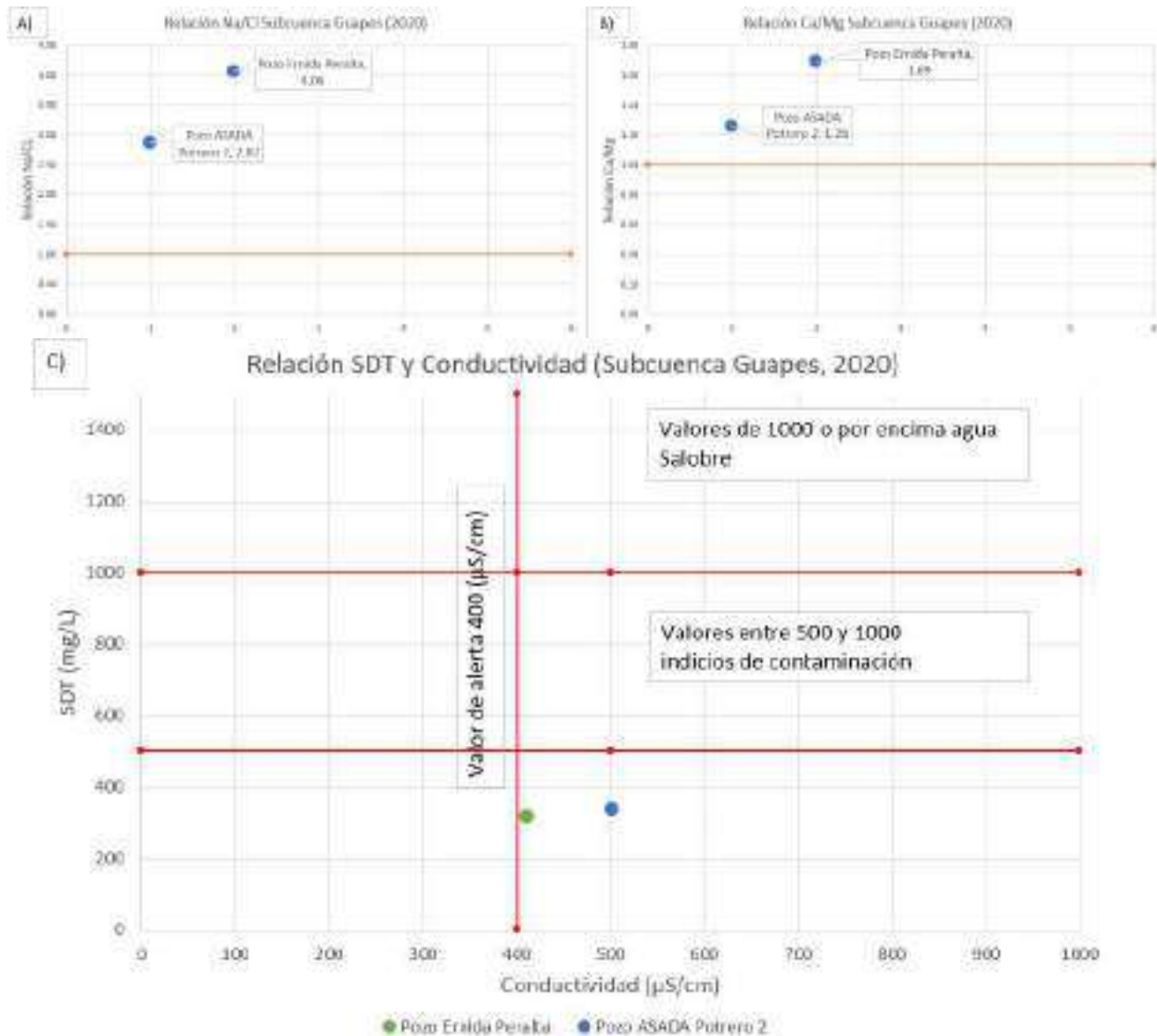


Figura 48: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 52: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo ASADA Potrero 2	2.86	1.26	337.77	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Ernila Peralta	4.05	1.69	315.71	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 52, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de julio 2020.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo julio 2020, las mismas varían entre 411-501 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según la certificación emitida por el Laboratorio Nacional de Aguas para los resultados del muestreo del 2020 (Anexo 4), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

➤ Subcuenca Cucaracha (2020)

La Figura 49, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2020 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama las muestras clasifican como Bicarbonatadas cálcicas.

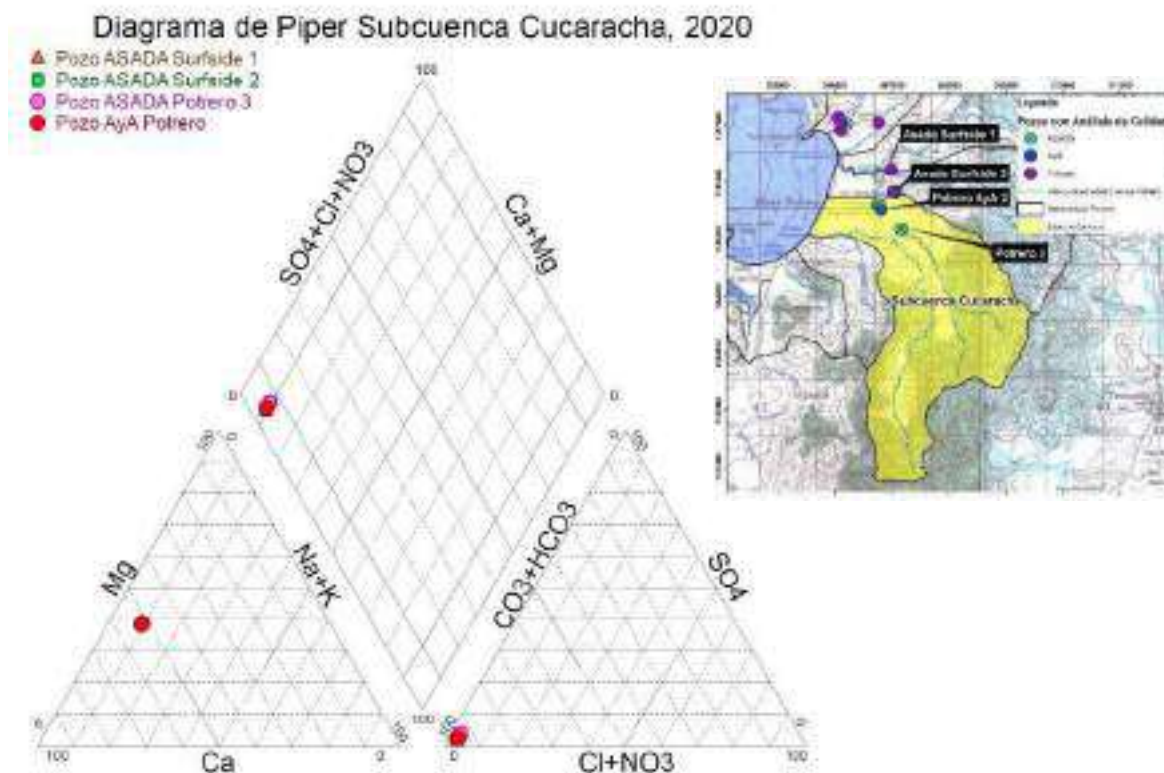


Figura 49: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2020 en pozos de Subcuenca Cucaracha.

La Figura 50, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones de las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha en la campaña de muestreo del 2020.

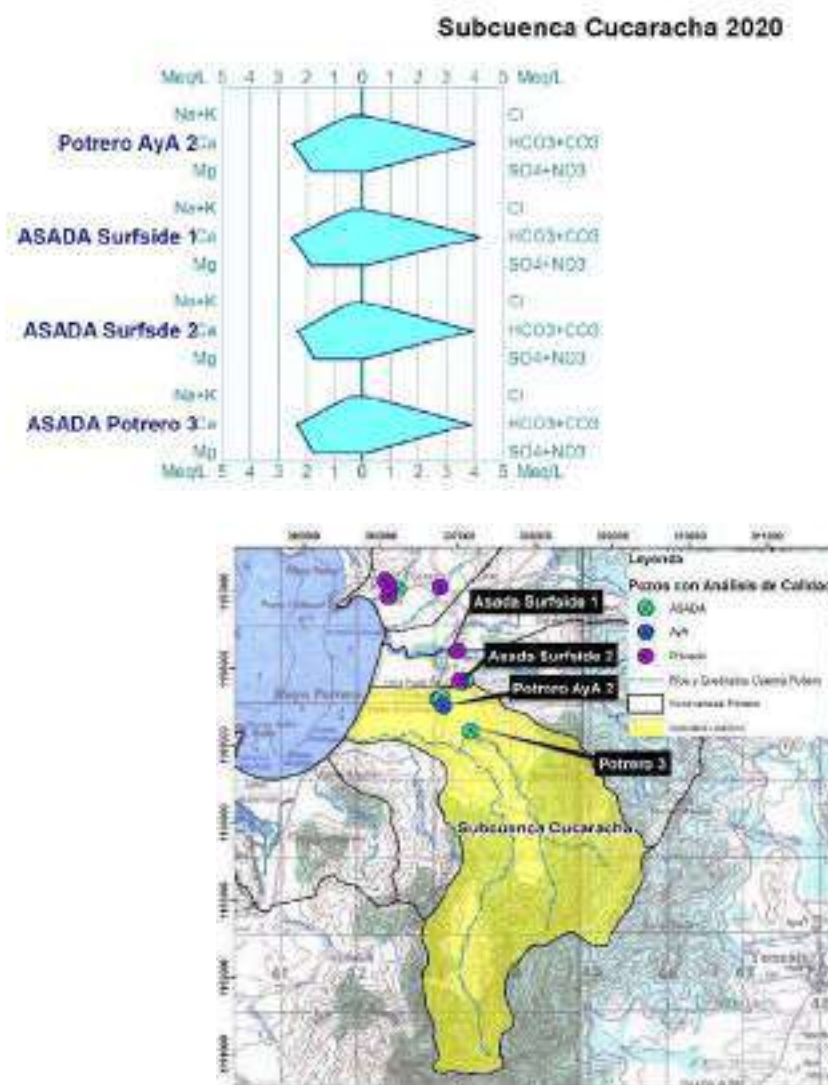


Figura 50: Diagrama Stiff en el que se representan las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha de la campaña del 2019.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Cucaracha durante la campaña de muestreo del 2020 se representa en las figuras N°51 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 51 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 53, se muestran los resultados del análisis.

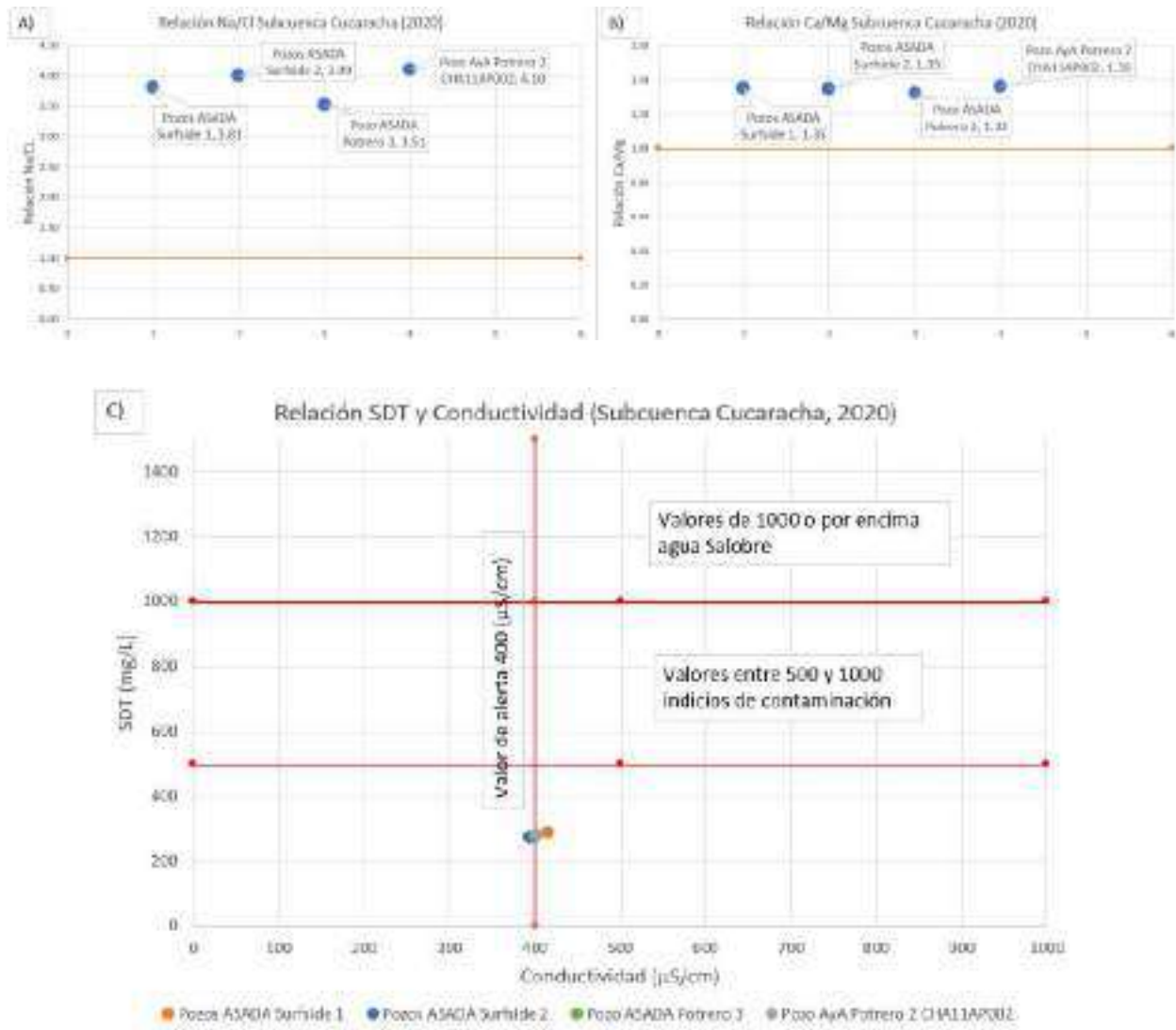


Figura 51: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 53: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo ASADA Surfside 1	3.80	1.35	288.02	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo ASADA Surfside 2	3.99	1.34	272.44	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo ASADA Potrero 3	3.51	1.32	275.55	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo AyA Potrero 2	4.1	1.35	280.69	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 53, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de julio 2020.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo julio 2020, las mismas varían entre 394-416 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según la certificación emitida por el Laboratorio Nacional de Aguas para los resultados del muestreo del 2020 (Anexo 4), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro y se indica que las determinaciones puntuales efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad de Agua Potable N°38924-S.

6.5 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2021.

Para la campaña del 2021 se cuenta con información de calidad para 3 subcuencas: Pilas (2 pozos), Guapes (1 pozo) y Cucaracha (4 pozos).

➤ Subcuenca Pilas. (2021)

La Figura 52, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2021 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama el agua analizada clasifica como Bicarbonatada cálcica.

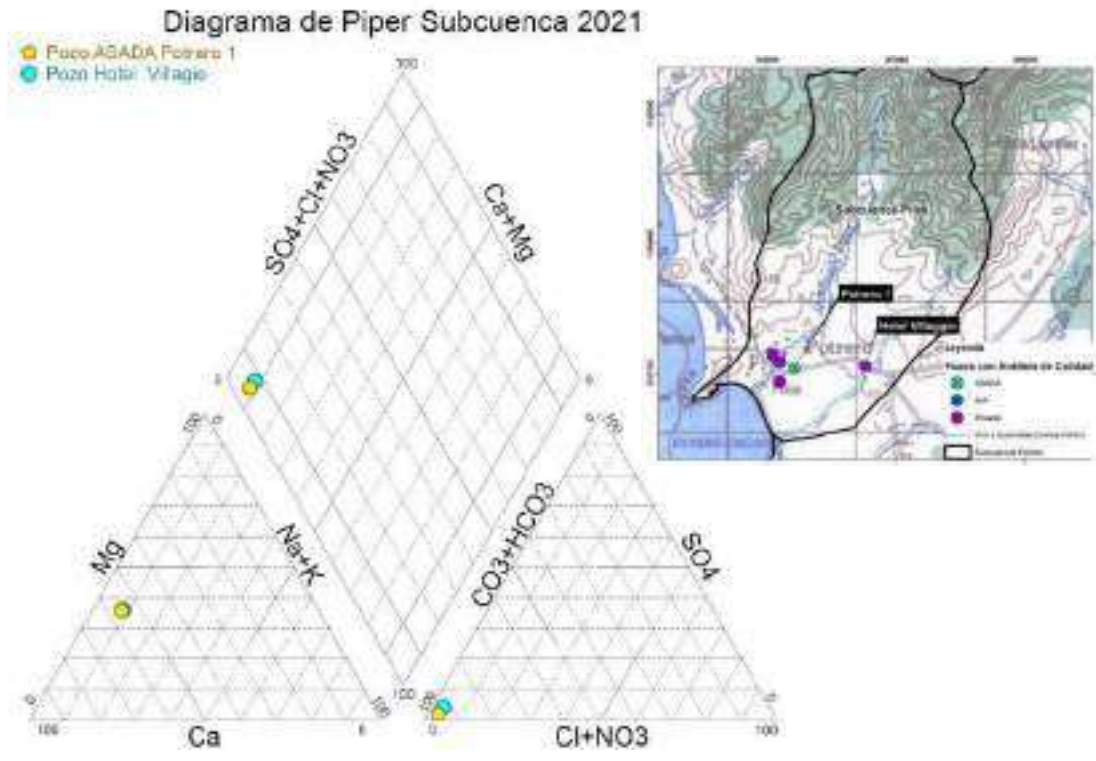


Figura 52: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2021 en pozos de Subcuenca Pilas.

La Figura 53, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones para las 2 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas en la campaña de muestreo del 2021.

2021 Subcuenca Pilas

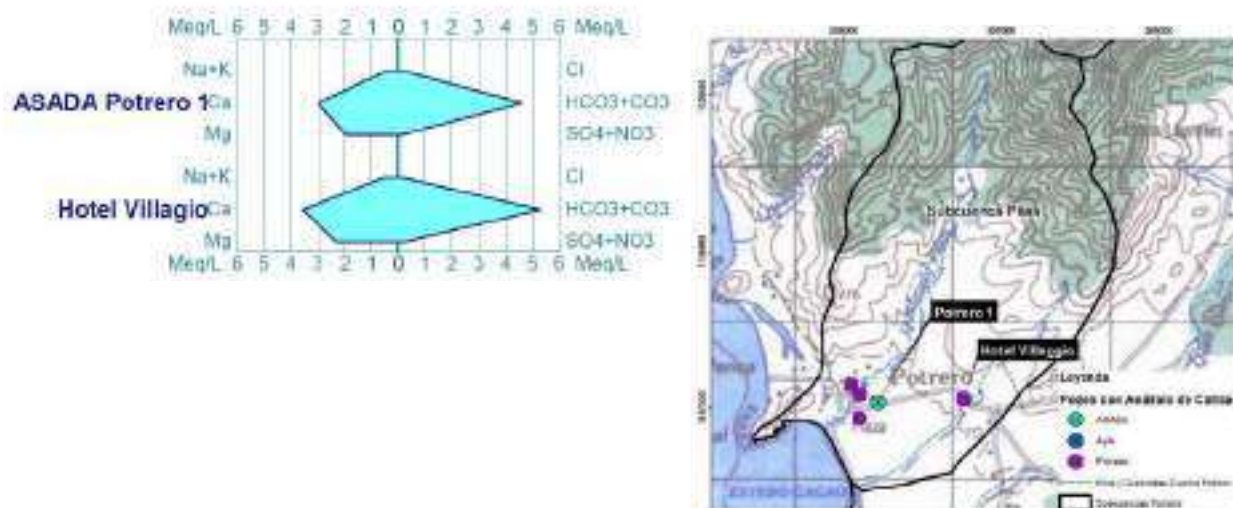


Figura 53: Diagrama Stiff en el que se representan las 2 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2021.

Del diagrama Stiff es posible observar como la muestra correspondiente al Hotel Villaggio presenta mayores concentraciones de Bicarbonatos por arriba de los 5 meq/L.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Pilas durante la campaña de muestreo del 2021 se representa en las figuras N°54 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 54 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 54, se muestran los resultados del análisis.

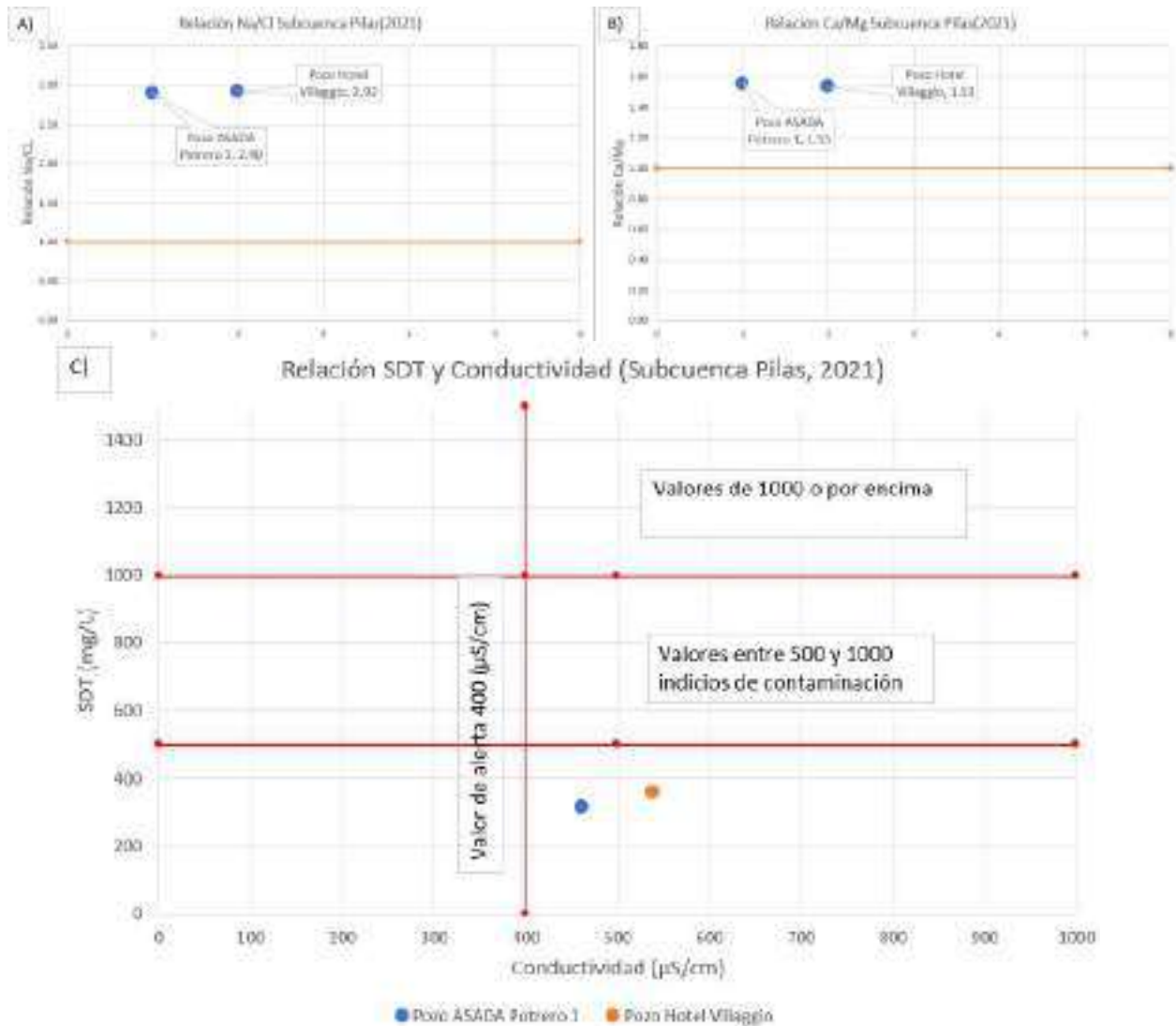


Figura 54: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 54: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Asada Potrero 1	2.90	1.55	313.53	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Hotel Villagio	2.92	1.53	358.75	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 54, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el periodo de muestreo de agosto 2021.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo agosto 2021, las mismas varían entre 462-539 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según la certificación emitida por el Laboratorio Nacional de Aguas (PRE-LNA-2021-01038) para los resultados del muestreo del 2021 (Anexo 4), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

➤ Subcuenca Guapes (2021)

La Figura 55, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotea el análisis del pozo muestreado en el 2021 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama la muestra clasifica como Bicarbonatadas cálcicas.

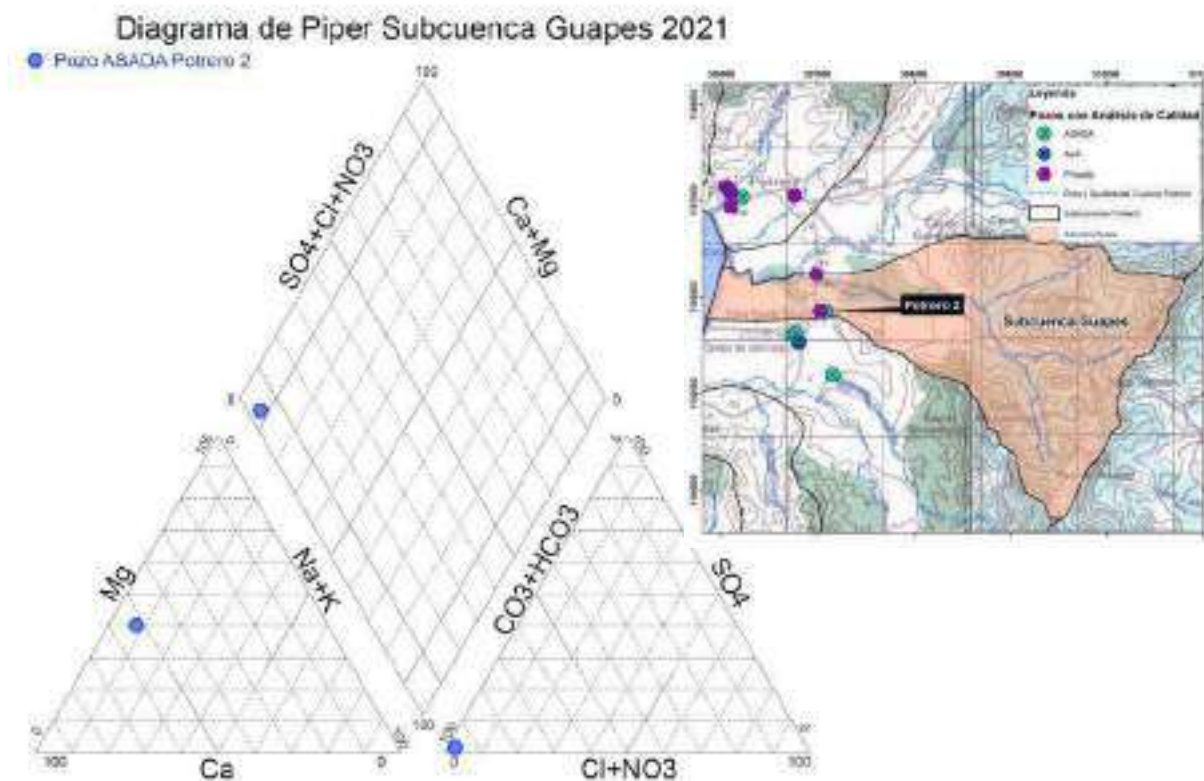


Figura 55: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2021 en pozos de Subcuenca Guapes.

La Figura 56, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en la concentración de la muestra analizada de la Subcuenca Guapes en la campaña de muestreo del 2021.

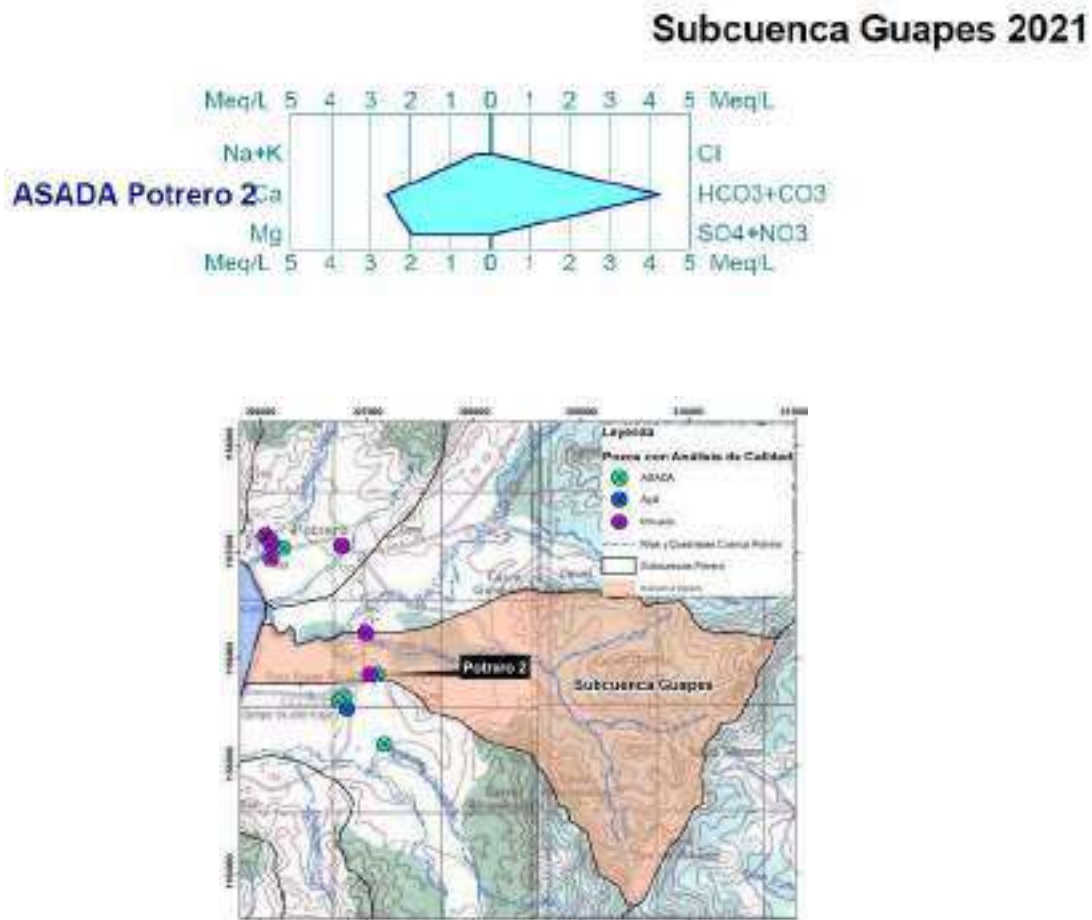


Figura 56: Diagrama Stiff en el que se representa las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2021.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Guapes durante la campaña de muestreo del 2021 se representa en las figuras N°57 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 57 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 55, se muestran los resultados del análisis.

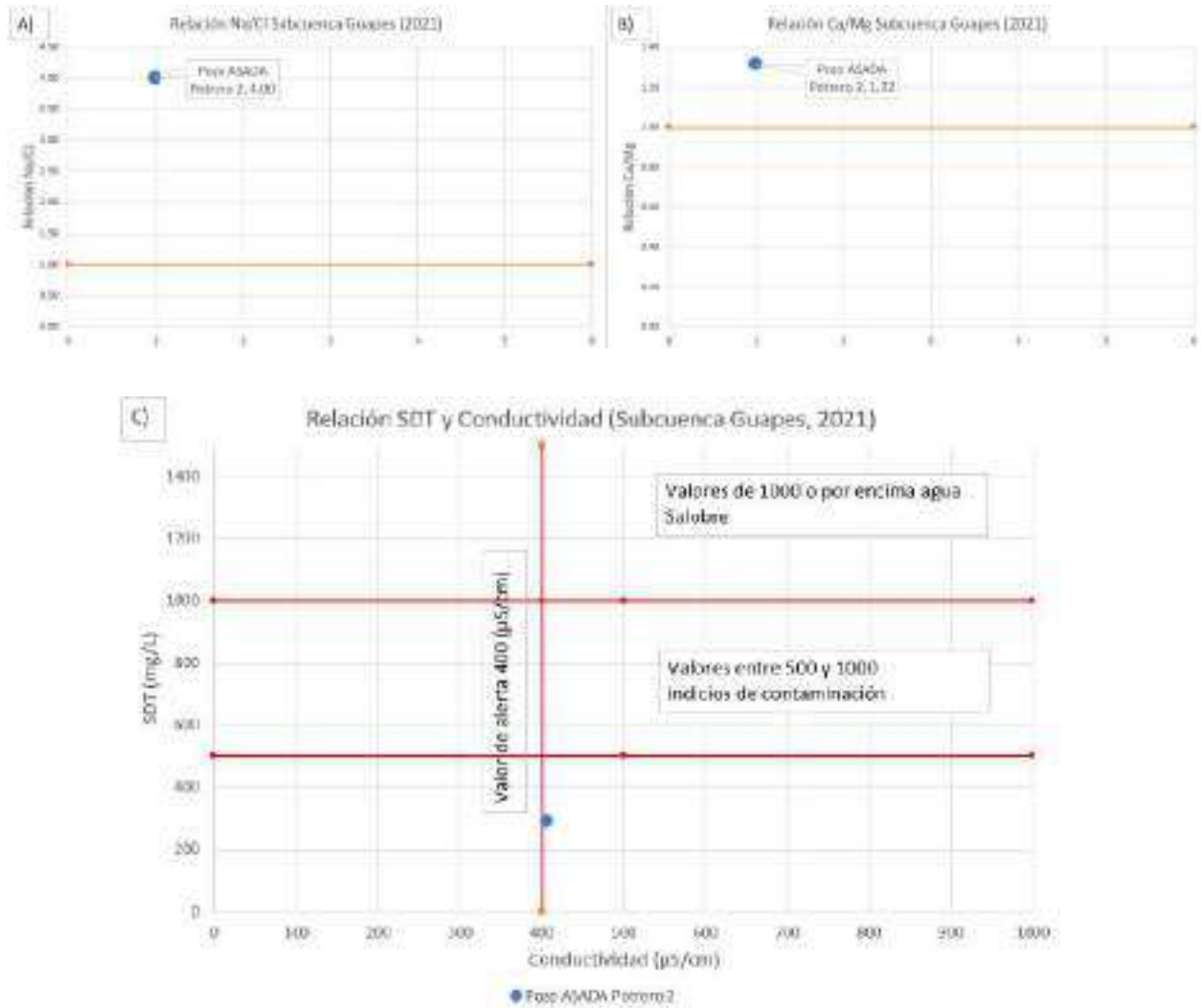


Figura 57: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 55: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo ASADA Potrero 2	3.99	1.31	288.58	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 55, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el periodo de muestreo de agosto 2021.

Con referencia a la conductividad analizada durante el periodo agosto 2021, la misma es de 406 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según la certificación emitida por el Laboratorio Nacional de Aguas (PRE-LNA-2021-01038) para los resultados del muestreo del 2021 (Anexo 4), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

➤ Subcuenca Cucaracha (2021)

La Figura 58 corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2021 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama las muestras clasifican como Bicarbonatadas cálcicas.

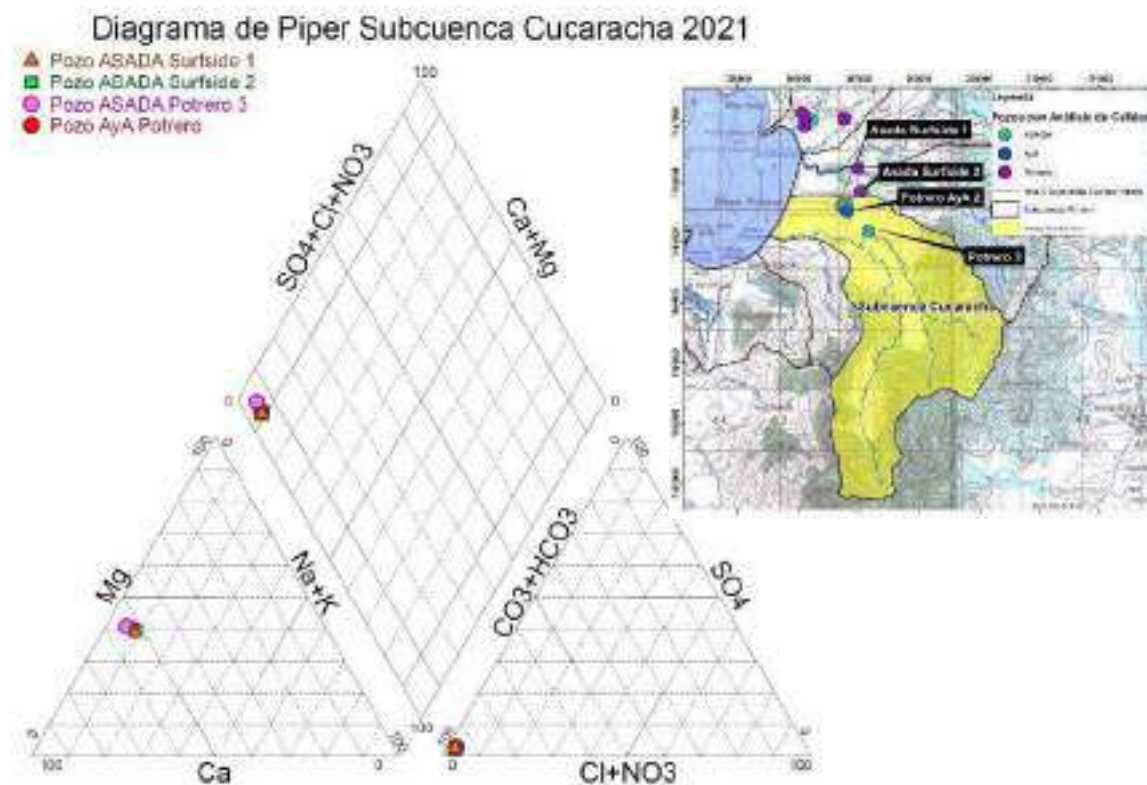


Figura 58: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2021 en pozos de Subcuenca Cucaracha.

La Figura 59, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones de las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha, en la campaña de muestreo del 2021.

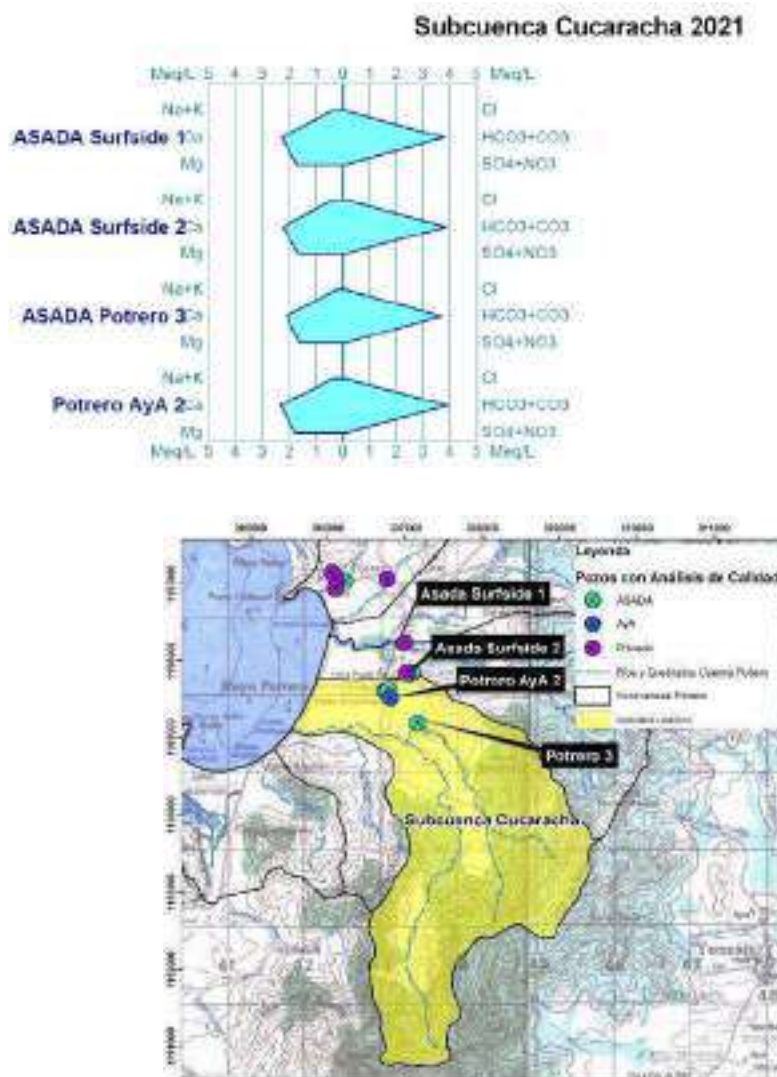


Figura 59: Diagrama Stiff en el que se representan las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha de la campaña del 2021.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Cucaracha durante la campaña de muestreo del 2021 se representa en las figuras N°60 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 60 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 56, se muestran los resultados del análisis.

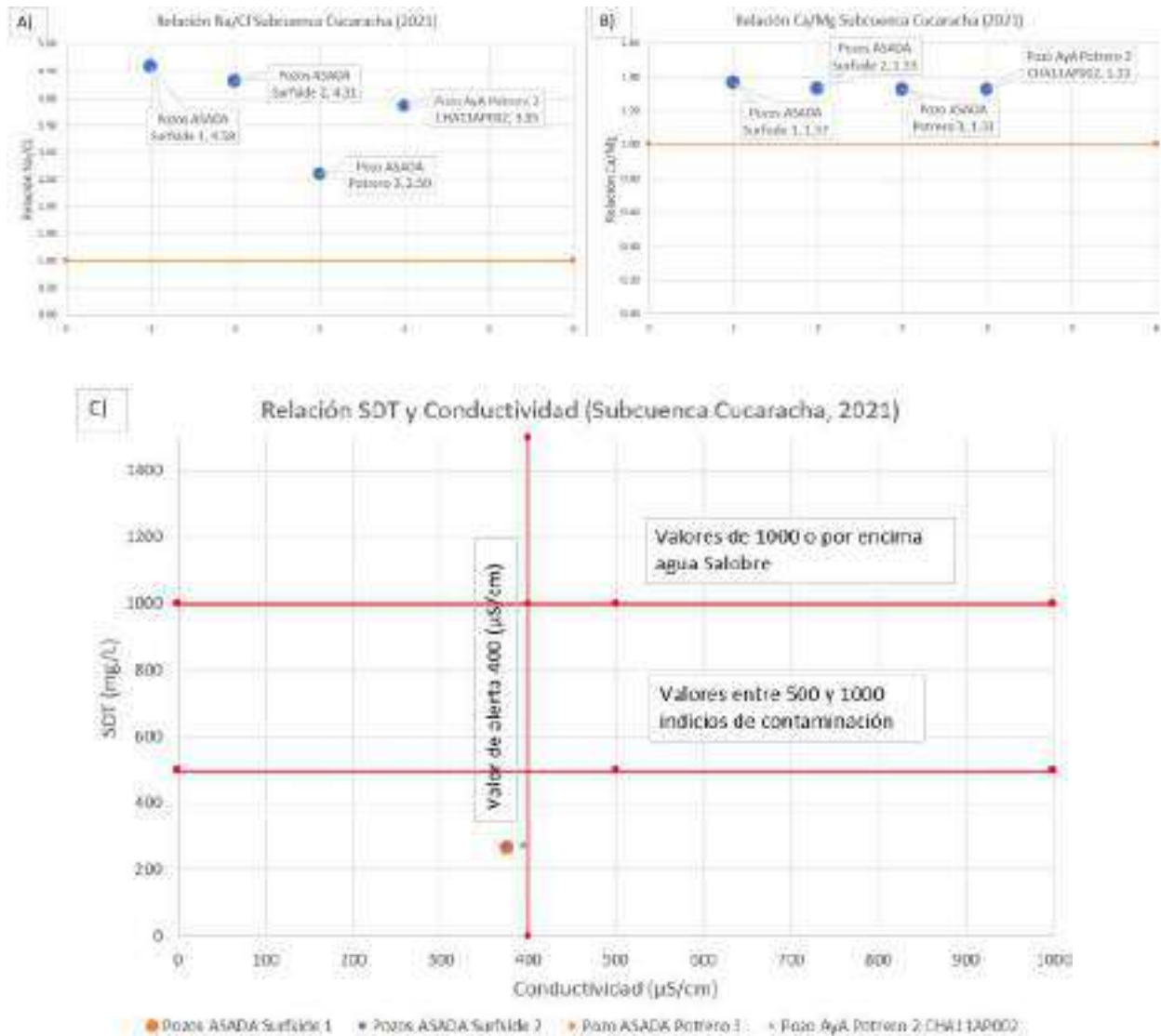


Figura 60: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 56: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo ASADA Surfside 1	4.59	1.36	267.44	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo ASADA Surfside 2	4.31	1.33	267.74	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo ASADA Potrero 3	2.59	1.32	254.83	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo AyA Potrero 2	3.84	1.32	273.48	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 56, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de agosto 2021.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo agosto 2021, las mismas varían entre 376-394 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según la certificación emitida por el Laboratorio Nacional de Aguas (PRE-LNA-2021-01038) para los resultados del muestreo del 2021 (Anexo 4), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

6.6 Resultados y Análisis Campaña de muestreo año 2022.

Para la campaña del 2021 se cuenta con información de calidad para 3 subcuencas: Pilas (2 pozos), Guapes (1 pozo) y Cucaracha (4 pozos).

➤ Subcuenca Pilas. (2022)

La Figura 61, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2022 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama el agua analizada clasifica como Bicarbonatada cálcica.

Subcuenca Pilas 2022

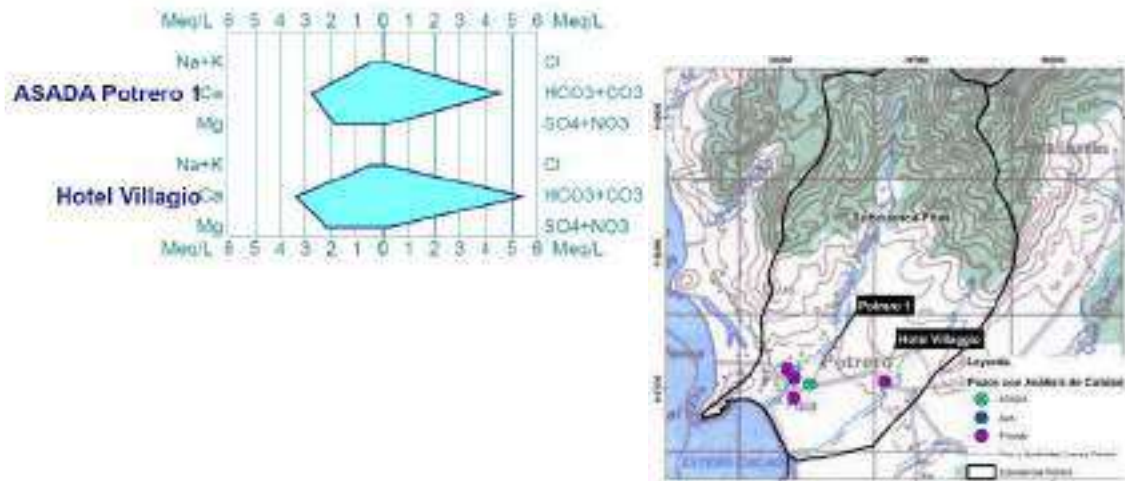


Figura 62: Diagrama Stiff en el que se representan las 2 muestras analizadas de la Subcuenca Pilas de la campaña del 2022.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Pilas durante la campaña de muestreo del 2022 se representa en las figuras N°63 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 63 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 57, se muestra los resultados de los análisis.

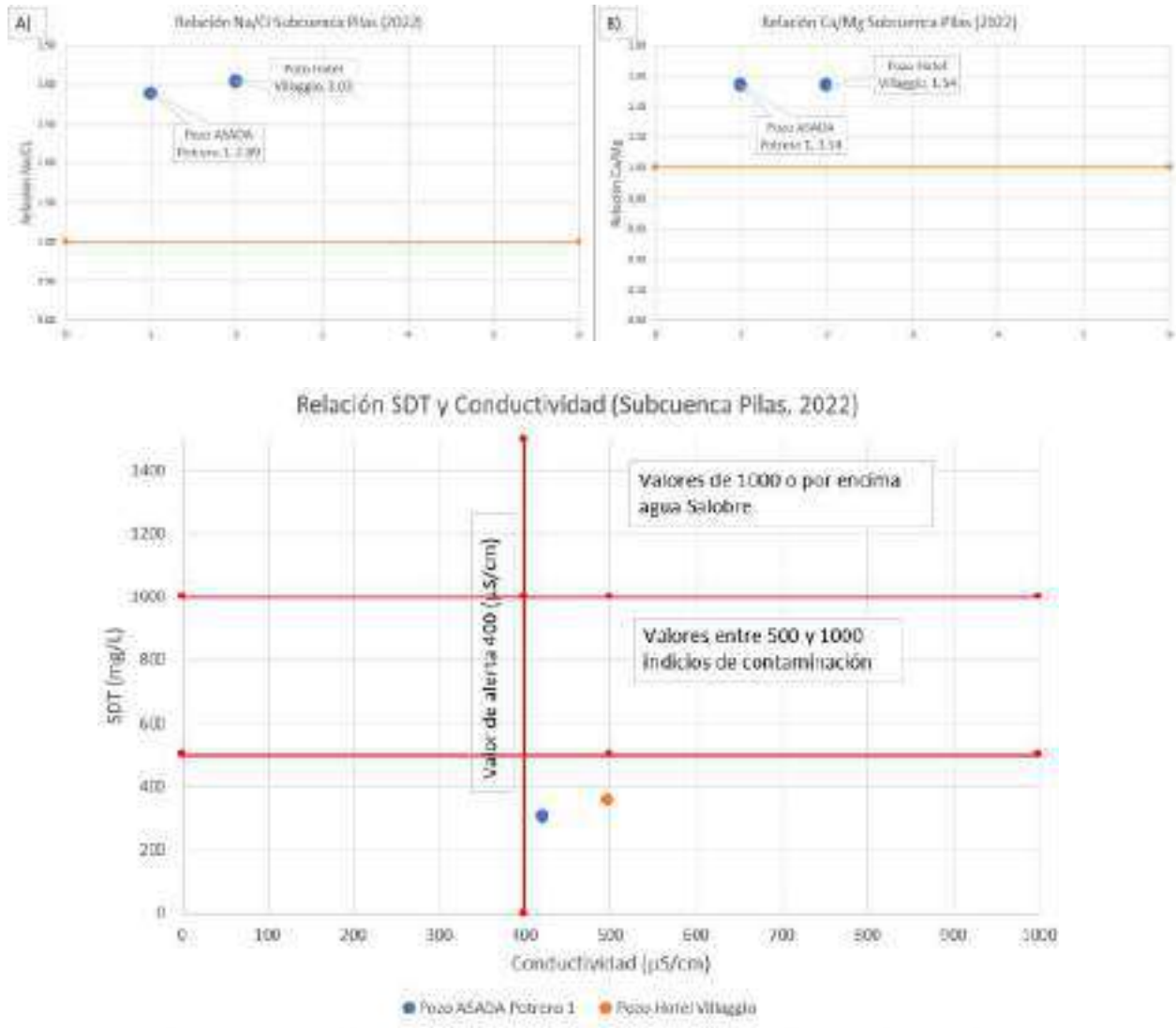


Figura 63: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 57: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Asada Potrero 1	2.88	1.54	306.65	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo Hotel Villaggio	3.03	1.53	356.56	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 57, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de junio 2022.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo junio 2022, las mismas varían entre 421-497 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según la certificación emitida por el Laboratorio Nacional de Aguas para los resultados del muestreo del 2022 (Anexo 4), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

➤ Subcuenca Guapes (2022)

La Figura 64, corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotea el análisis del pozo muestreado en el 2022 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama la muestra clasifica como Bicarbonatadas cálcicas.

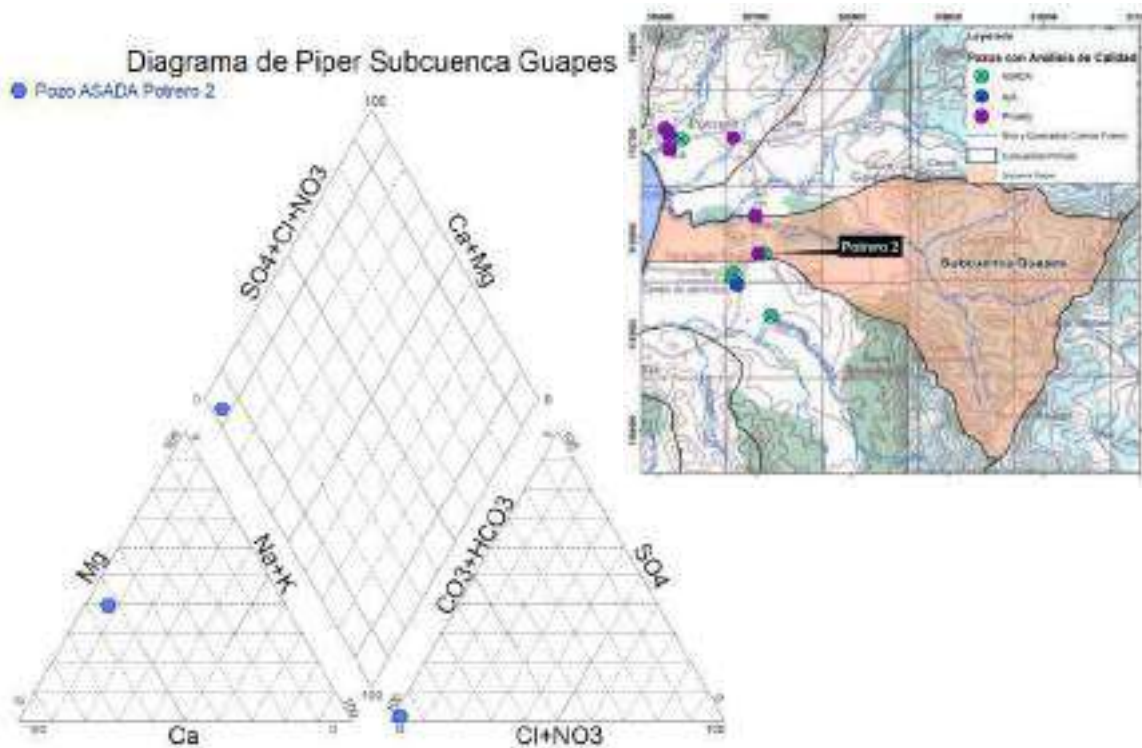


Figura 64: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2022 en pozos de Subcuenca Guapes.

La Figura 65, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en la concentración de la muestra analizada de la Subcuenca Guapes, en la campaña de muestreo del 2022.

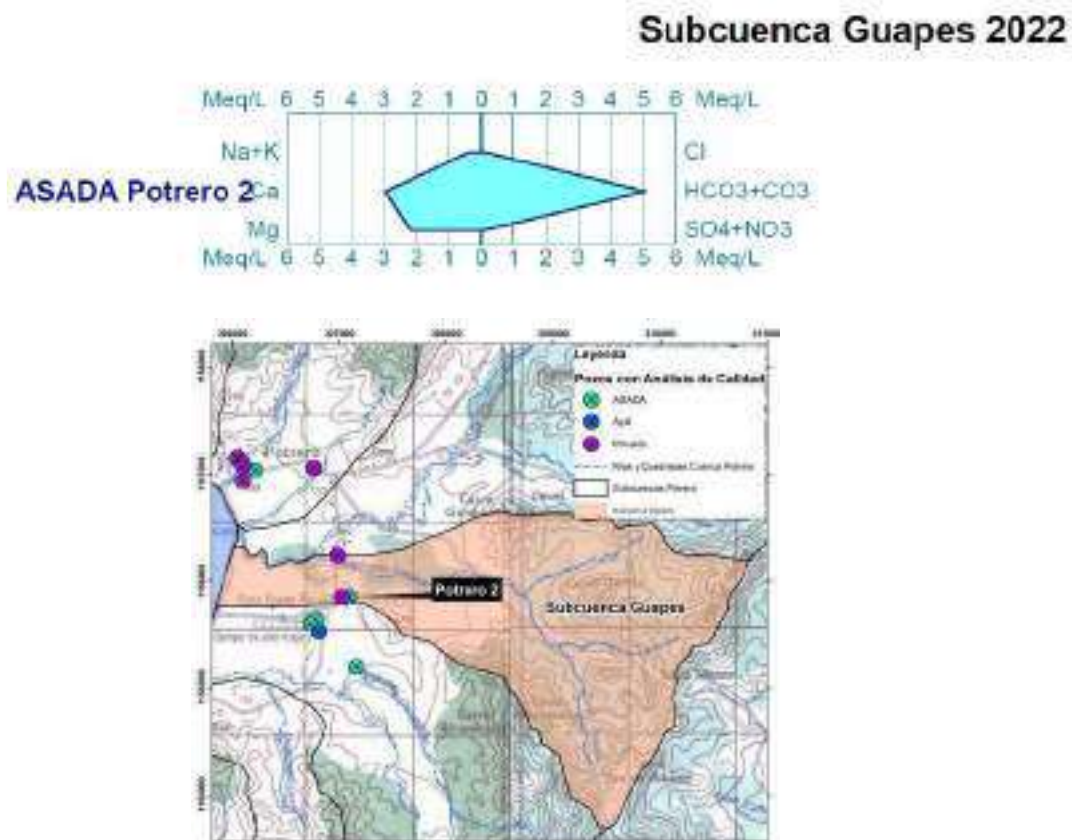


Figura 65: Diagrama Stiff en el que se representa las muestras analizadas de la Subcuenca Guapes de la campaña del 2022.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Guapes durante la campaña de muestreo del 2022 se representa en las figuras N°66 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 66 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 58, se muestran los resultados del análisis.

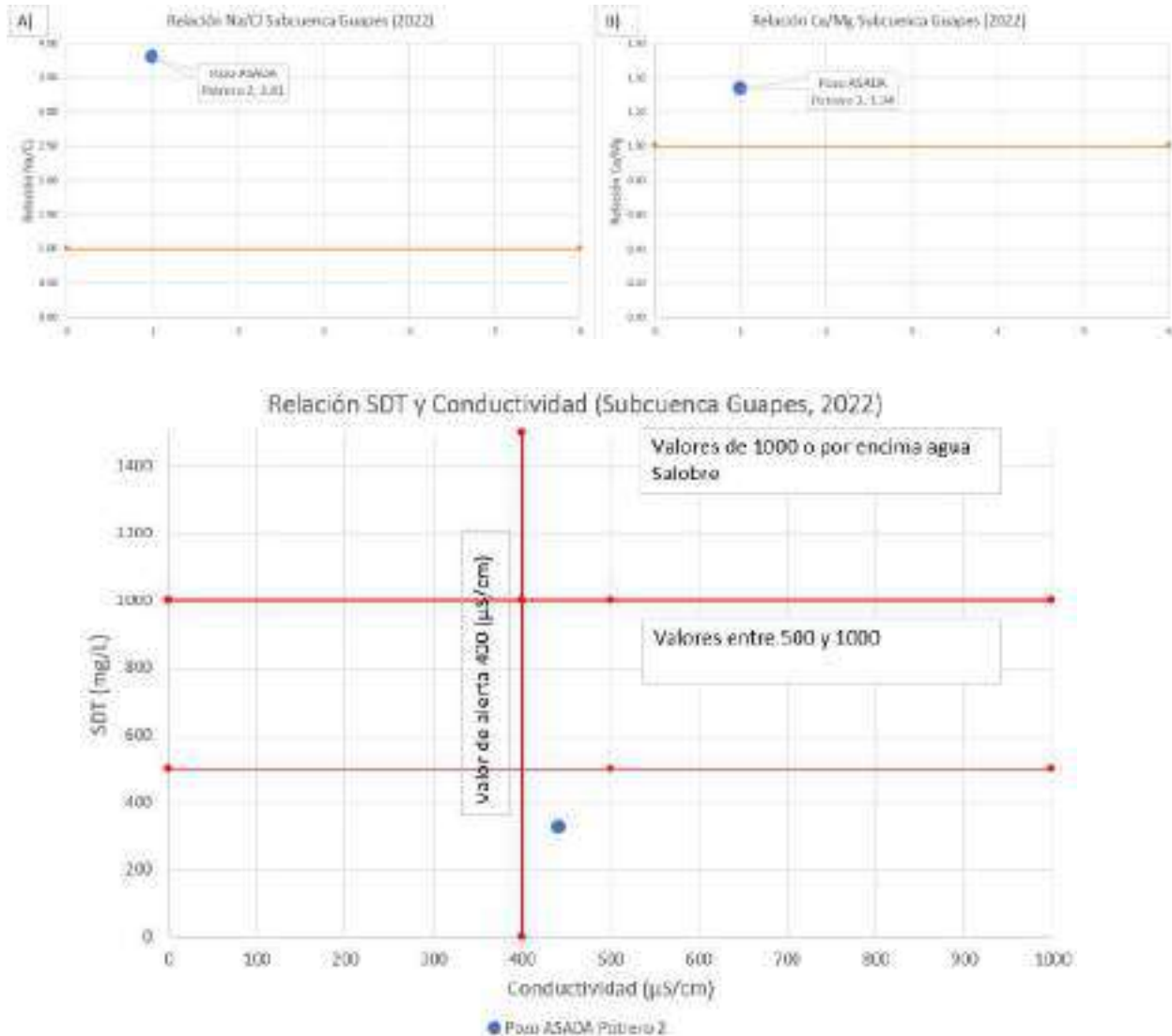


Figura 66: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 58: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo ASADA Potrero 2	3.80	1.33	324.51	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

*** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 58, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de junio 2022.

Con referencia a la conductividad analizada durante el periodo junio 2022, la misma es de 442 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según la certificación emitida por el Laboratorio Nacional de Aguas para los resultados del muestreo del 2022 (Anexo 4), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

➤ Subcuenca Cucaracha (2022)

La Figura 67 corresponde con el diagrama tipo Piper en donde se plotean los análisis de los pozos muestreados en el 2022 para esta subcuenca, tal como se observa en el diagrama las muestras clasifican como Bicarbonatadas cálcicas.

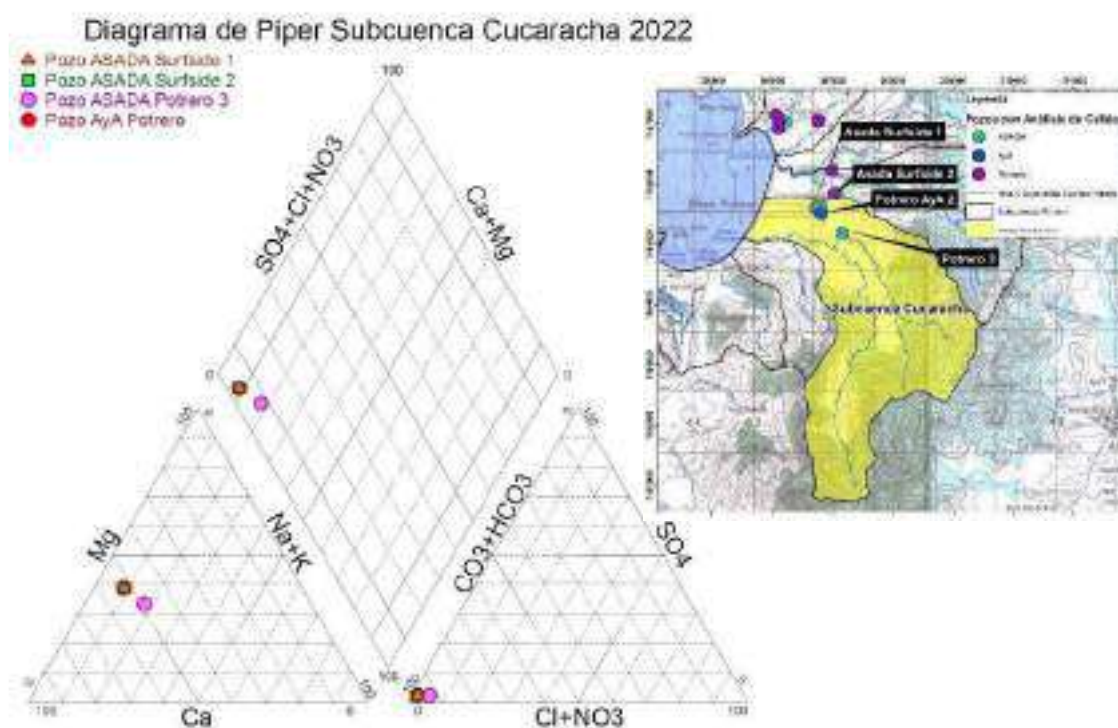


Figura 67: Diagrama de Piper para campaña de muestreo del 2022 en pozos de Subcuenca Cucaracha.

La Figura 68, corresponde con el diagrama de Stiff que permite observar la variación en las concentraciones de las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha en la campaña de muestreo del 2022.

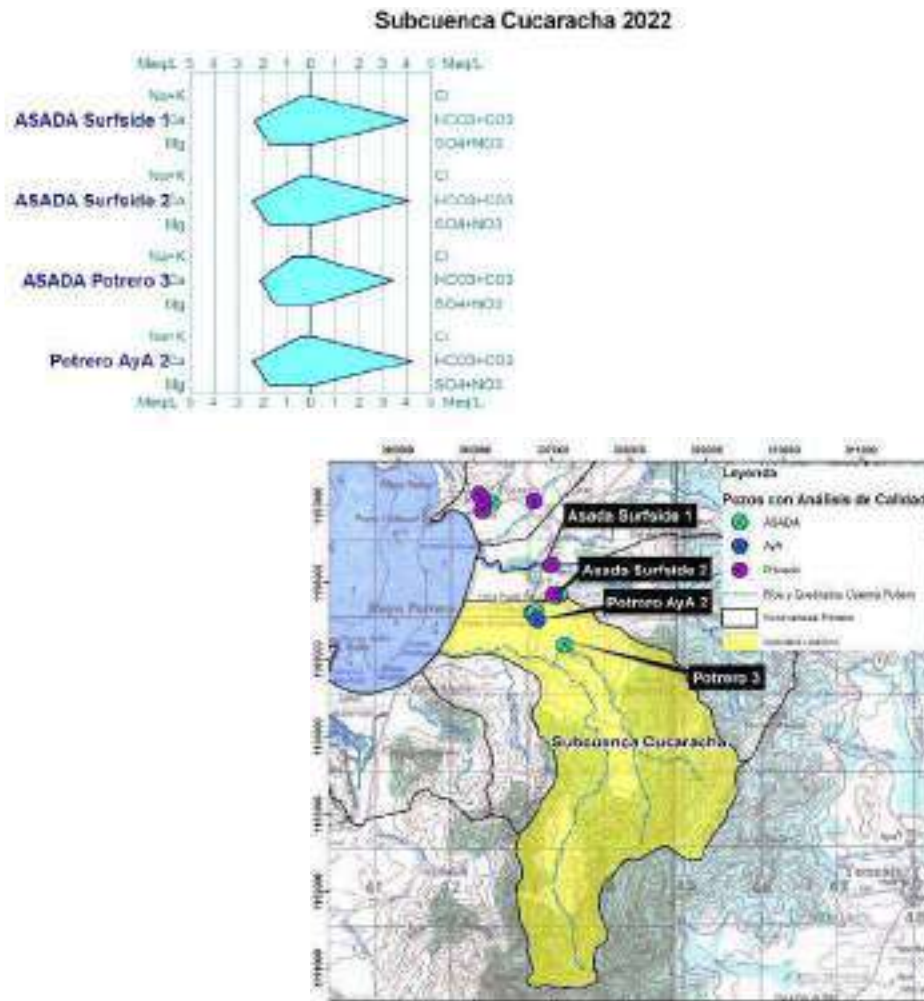


Figura 68: Diagrama Stiff en el que se representan las muestras analizadas de la Subcuenca Cucaracha de la campaña del 2022.

Con el objetivo de analizar desde el punto de vista hidrogeoquímico si existe o no la presencia de indicios de intrusión salina en la Subcuenca Cucaracha durante la campaña de muestreo del 2022 se representa en las figuras N°69 A y B las relaciones de Na/Cl y Ca/Mg respectivamente y en la Figura 69 C los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica. En el Cuadro 59, se muestran los resultados del análisis.

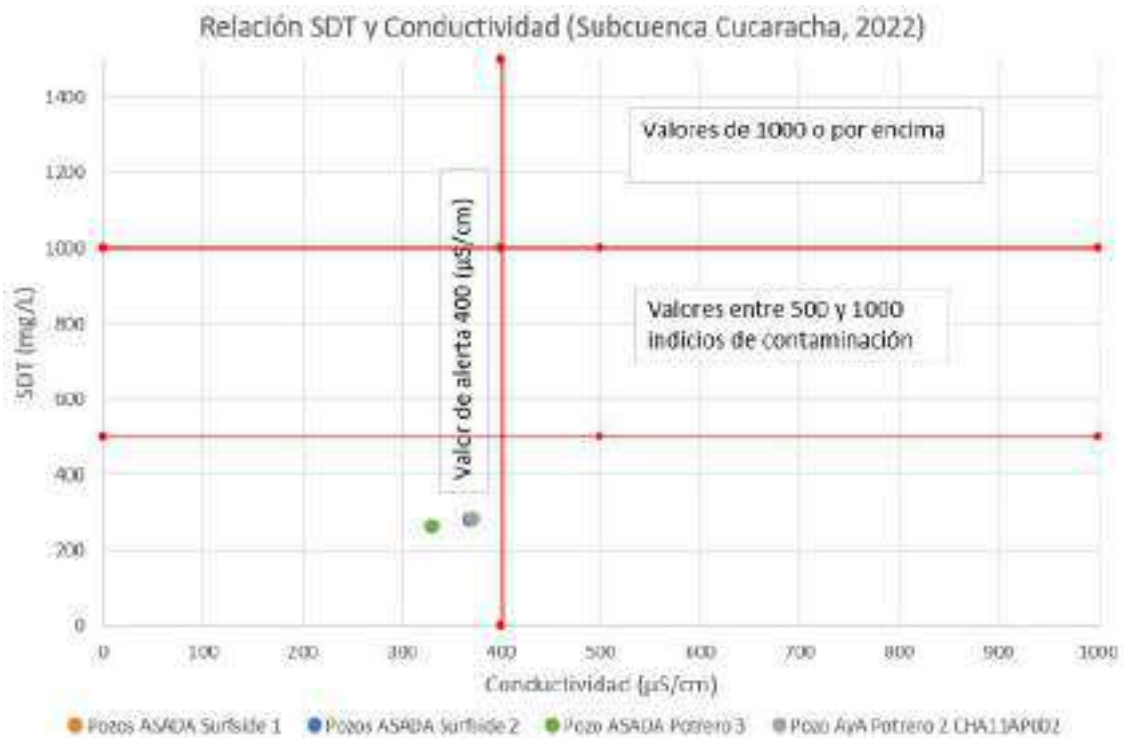
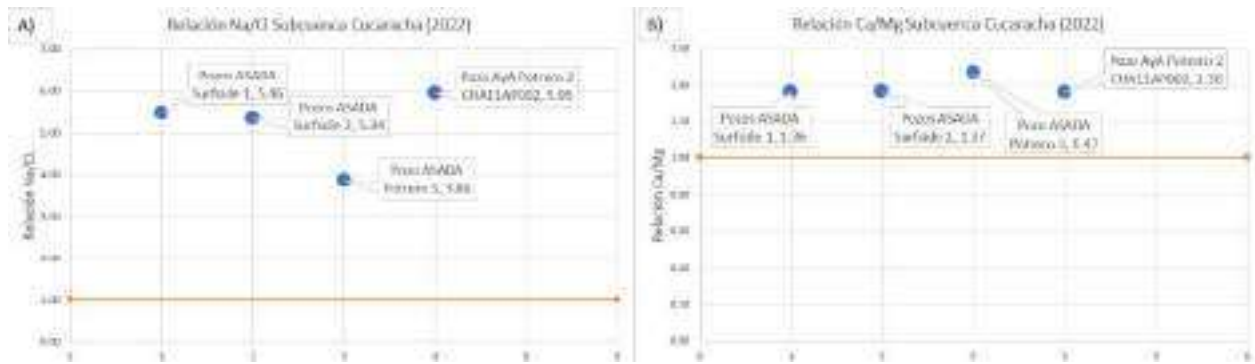


Figura 69: A Gráfica relación Na/CL, B) Gráfica relación Ca/Mg y gráfica sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica.

Cuadro 59: Resultados de relación molar Na/Cl, Ca/Mg y cantidad de SDT.

Pozo	Relación Na/Cl*	Relación Ca/Mg**	SDT*** (mg/L)	Resultado
Pozo ASADA Surfside 1	5.46	1.35	275.87	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo ASADA Surfside 2	5.34	1.36	280.43	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo ASADA Potrero 3	3.86	1.46	260.49	Sin evidencia de trazas de intrusión salina
Pozo AyA Potrero 2	5.94	1.36	283.49	Sin evidencia de trazas de intrusión salina

* Relación molar igual o menor a 0.86 corresponde a agua salobre

**Relación molar <1 Potencial de intrusión salina

*** 500 mg/l a 1000 mg/l (rango de alerta) mayor a 1000 mg/l agua salobre

A partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 59, se indica que los análisis presentados con referencia a la relación Na/Cl, Ca/Mg y STD, no evidencian trazas de intrusión salina en el acuífero Potrero durante el período de muestreo de junio 2022.

Con referencia a las conductividades analizadas durante el periodo junio 2022, las mismas varían entre 331-372 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde según la certificación emitida por el Laboratorio Nacional de Aguas para los resultados del muestreo del 2022 (Anexo 4), no se presentan observaciones con respecto a este parámetro.

6.7 Análisis de conductividades

Se procede a realizar un análisis de la variación de la conductividad en relación con la precipitación, para los últimos 5 años para 7 pozos. Las gráficas de variación de conductividad se presentan en las figuras N° 70, 71, 72, 73, 74 75 y 76.

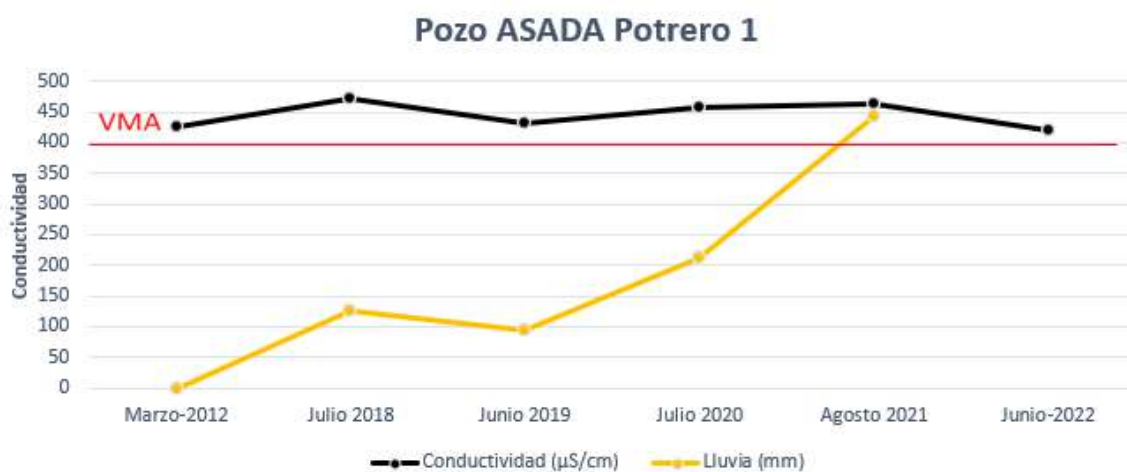


Figura 70: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo ASADA Potrero 1. Subcuenca Pilas.



Figura 71: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo Hotel Villagio. Subcuenca Pilas.

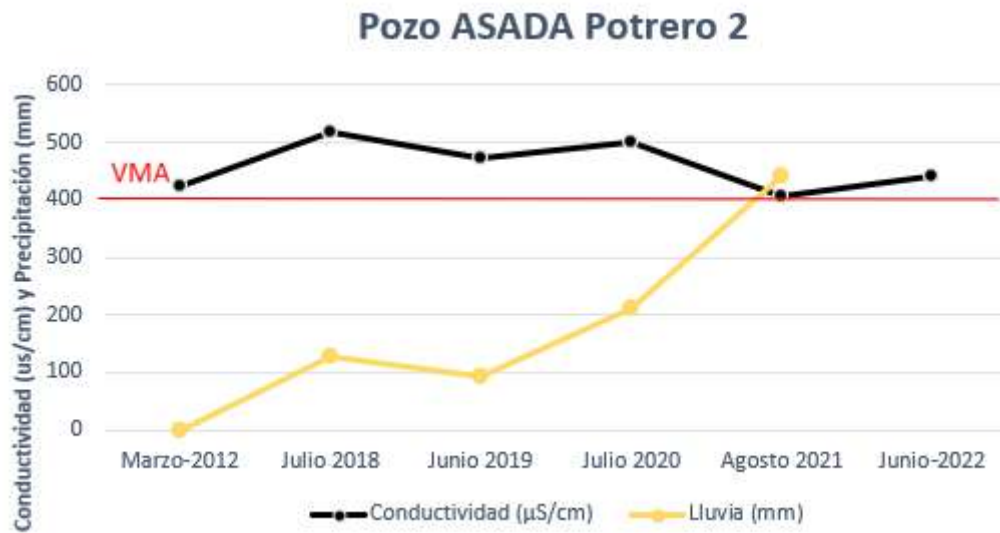


Figura 72: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo ASADA Potrero 2. Subcuenca Guapes.

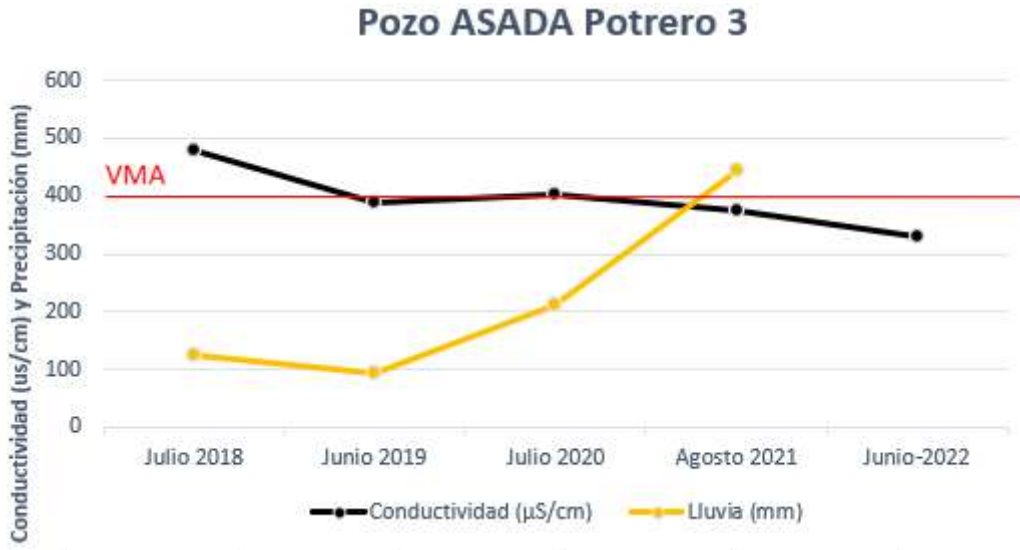


Figura 73: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo ASADA Potrero 3. Subcuenca Cucaracha.



Figura 74: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo ASADA Surfside 1. Subcuenca Cucaracha.

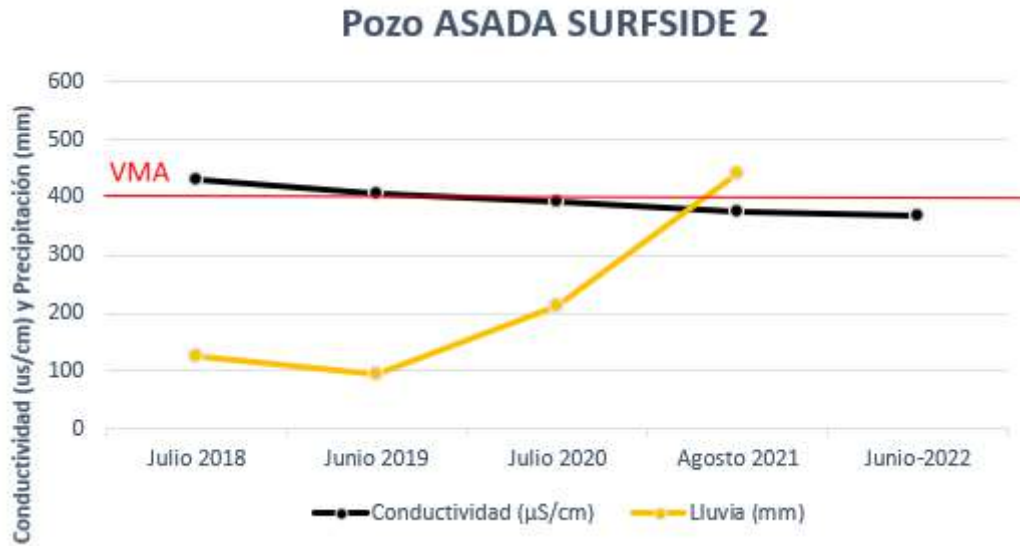


Figura 75: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo ASADA Surfside 2, Subcuenca Cucaracha.



Figura 76: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo AyA Potrero 2, Subcuenca Cucaracha.

En la Figura 77, se presenta la gráfica de análisis de conductividad a lo largo del tiempo de los datos disponible en el sistema SIMASTIR desde el 2016 al 2021 para el pozo Cabinas Marcel de la Subcuenca Pilas, de igual manera se presentan los valores de conductividad registrados por el Laboratorio Nacional de Aguas de manera puntual en julio 2018 y julio 2020 para el pozo, observándose que los valores son bastante concordantes entre sí.

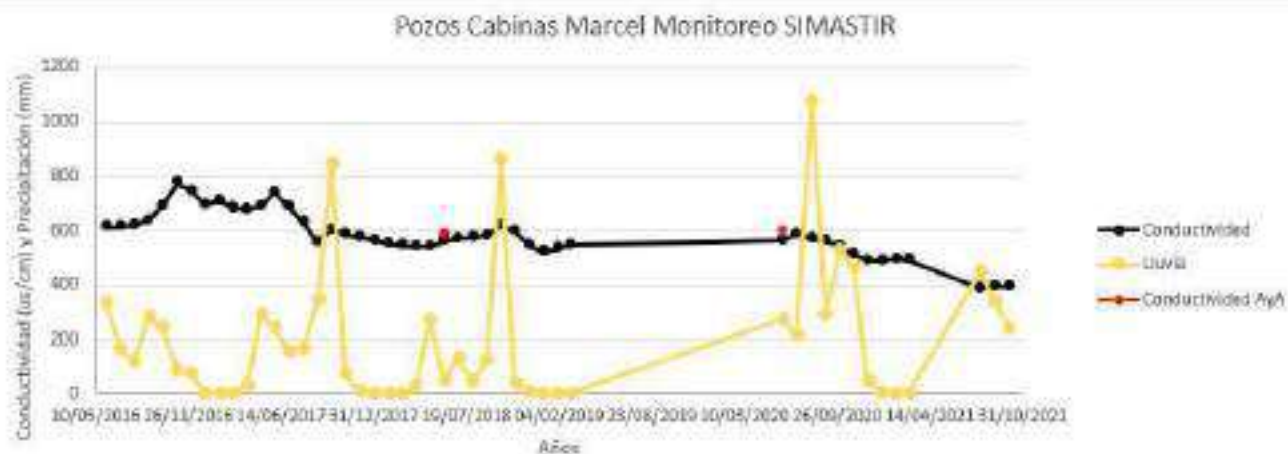


Figura 77: Análisis de conductividad en el tiempo de pozo Cabinas Marcel Subcuenca Pilas. Datos tomados de Sistema SIMASTIR disponible a la fecha del 15/12/2021.

Del análisis de las gráficas es posible evidenciar que existe una relación inversamente proporcional entre la precipitación y la conductividad (a mayor precipitación menor conductividad) lo cual se puede relacionar de manera directa con la recarga, a mayor recarga menor conductividad, por este motivo en el análisis de disponibilidad se utiliza el año de menor recarga.

6.8 Resumen de análisis hidrogeoquímico

En la Figura 78, se presenta el diagrama de Piper para la totalidad de las 54 muestras analizadas para los períodos 2012, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

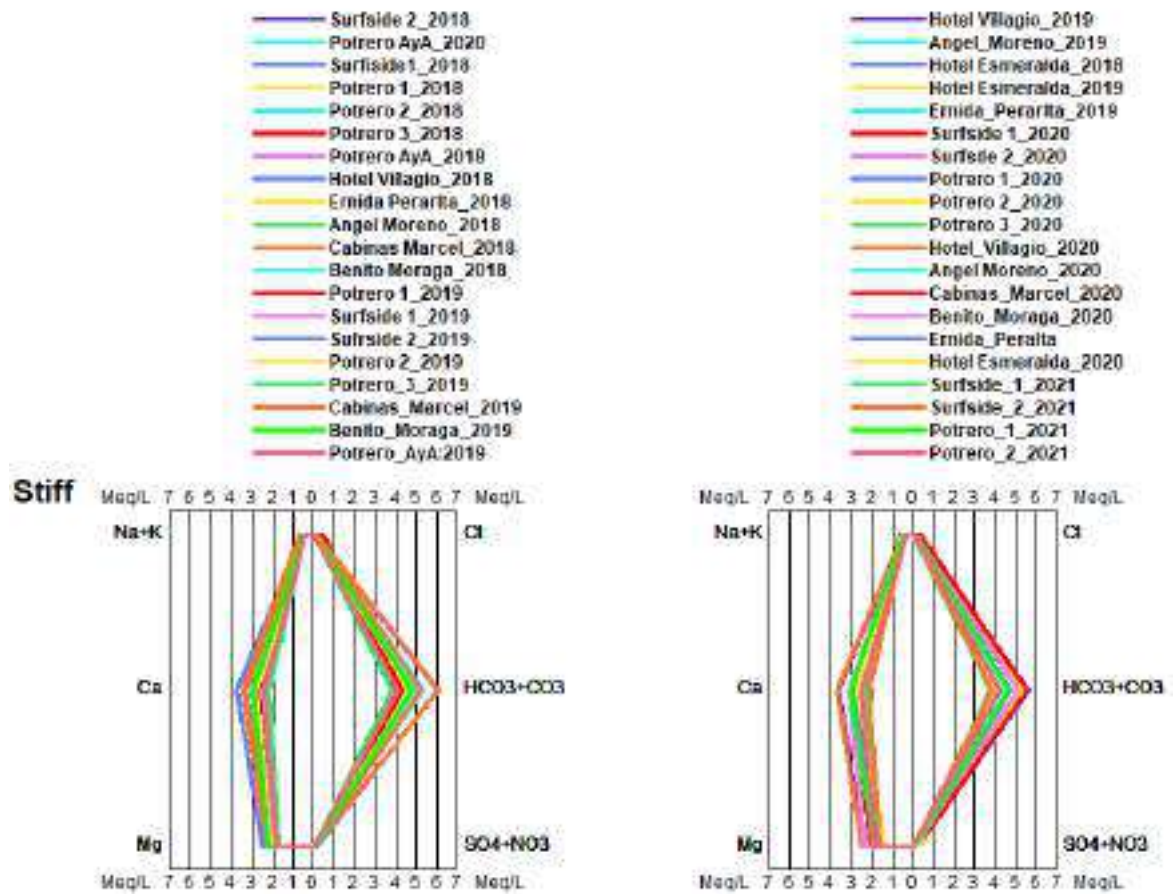


Figura 79: Diagrama Stiff con total de muestras analizadas.

A partir del diagrama Stiff se puede observar como el principal anión que presenta variación es el Bicarbonato (HCO_3), por su parte los cationes Mg, Ca y K, se mantiene constantes, así como los aniones Cl y SO_4 .

La Figura 80, corresponde con la gráfica de relación de concentración de sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica para todas las muestras analizadas.



Figura 80: Diagrama relación de concentración de sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica para todas las muestras analizadas.

A partir de la gráfica de la Figura 80, se determina que ninguna muestra sobrepasa el límite de concentración de sólidos disueltos. El rango de la conductividad oscila entre 331 y 625 µS/cm.

Desde el punto de vista hidrogeoquímico, el análisis de los resultados obtenidos en las campañas de muestreo del CTI – Agua Subterránea, indica que el acuífero Potrero ha permanecido estable, y no se han registrado o identificado indicios que evidencien contaminación por proceso de intrusión salina, tal como lo ha constatado las certificaciones de calidad del Laboratorio Nacional de Aguas para los diferentes años de muestreo analizados, donde no se han presentado alertas en cuanto a este tema.

7. Usos de la Tierra Acuífero Potrero

Para el acuífero de Potrero, se analizaron tres periodos de tiempo (años 2013, 2021 y 2022), con el fin de analizar los cambios en la cobertura de la tierra dentro de este territorio delimitado, basado en el levantamiento de información de campo y el análisis histórico de fotografías aéreas. Para ello, se definieron 4 usos principales, los cuales fueron: Bosques, Pastos, Urbano y Extracción de Áridos.

En el Cuadro 60, se presentan los resultados de los usos de la tierra para los años 2013, 2021 y 2022 en el área correspondiente al Acuífero Potrero, mostrado en la Figura 81.

Cuadro 60: Usos de la Tierra, Acuífero Potrero, Años 2013, 2021 y 2022.

Uso	2013 cobertura (Ha)	2021 cobertura (Ha)	2022 cobertura (Ha)
Urbano	145	205	211.26
Extracción de Áridos (Tajos)	1.5	2.64	2.64
Pasto	965	1173	1105.98
Bosque	2510	2241	2302.05
Totales	3622	3622	3622

Fuente: Unidad para la Gestión del Recurso Hídrico, Gestión Ambiental AyA (2022)

De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 60, se indica lo siguiente. (Gráfico 1)

- *Uso Urbano:* Son aquellas áreas donde se han establecido o conformado centros de población, donde se desarrolla infraestructura urbana tales como carreteras, industria turística principalmente, entre otros. Dentro de los poblados o centros urbanos importantes dentro del acuífero Potrero están: Flamingo y Potrero.

Estos últimos poblados son precisamente los cuales con el paso del tiempo se ha presentado un crecimiento y conformación de un área urbana más concentrada dentro del acuífero, sin dejar de lado el crecimiento de nuevas residencias habitacionales, así como también proyectos turísticos. Para el año 2013, el uso urbano correspondía a 4% dentro del acuífero, aumentando para el 2021 a 5.7% y 5.8% en el año 2022, lo cual refleja un crecimiento constante.

- *Extracción de Áridos:* De acuerdo con lo observado en las imágenes satelitales y las visitas de campo, dichas zonas se caracterizan principalmente a la

extracción de materiales tales como piedra y grava, se ubican dos sitios puntuales dentro del área de estudio. Mismos que con el paso del tiempo no han tenido mayor crecimiento (Gráfico 1).

- *Bosques*: Estas áreas corresponden a sectores en los cuales prevalece la cobertura natural de bosques sin intervención de actividades productivas o alteradas. Este uso corresponde al de mayor presencia dentro del acuífero, se presentan principalmente en las partes altas del acuífero y de mayores pendientes, y que, además, corresponde a los bosques secos, característicos de la provincia de Guanacaste.

De acuerdo con la información obtenida se tiene que, para el año 2013, se tenía una cobertura del 69.3%, mientras que para el año 2021, descendió a 61.9% sin embargo para el año 2022, aumento a 63.6%. Estas variaciones corresponden a las propias dinámicas de las diferentes actividades que se desarrollan dentro de este territorio.

- *Pastos*: Son aquellas áreas destinadas a la ganadería o a la cosecha de pastos para comercialización y venta, o bien áreas en desuso bajo una cobertura de pasto. De acuerdo con los datos obtenidos, se tiene que para el año 2013, esta cobertura representaba un 26.6%, sin embargo, para el año 2021, las áreas de pastos representan un 32.4%, aumentando un 5.8%, para el año 2022, la cobertura disminuye a un 30.5%, consecuentemente posiblemente por un crecimiento de la cobertura boscosa, así como también la cobertura urbana creciente para este último periodo analizado.

Usos de la Tierra, Acuífero Potrero. Años 2013, 2021 y 2022

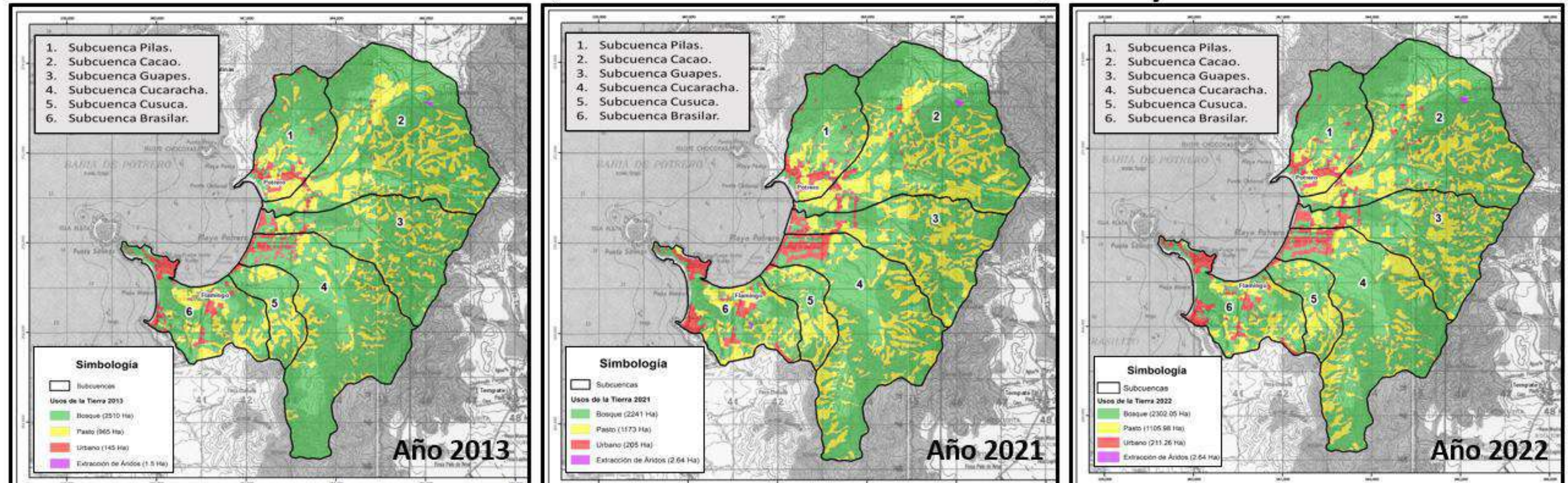


Figura 81: Usos de la Tierra en el Acuífero Potrero, para los años 2013, 2021 y 2022.

Gráfico 1. Usos de la Tierra, Acuífero Potrero, Periodos 2013, 2021 y 2022



Fuente: Unidad para la Gestión del Recurso Hídrico, Gestión Ambiental AyA, (2022)

Es importante indicar, que previo del levantamiento de usos de la tierra del acuífero de Potrero, correspondiente al año 2022 realizado por la UEN Gestión Ambiental del AyA, se cuentan con estudios de usos de la tierra, realizados por la Universidad de Costa Rica, para un área mayor a la delimitada en este estudio para los años 2001, 2013 y 2021, la cual fue presentada por la Dirección de Agua – MINAE, en el año 2022, ante la Comisión para el manejo integrado del Acuífero Nimboyores y Acuíferos Costeros de Santa Cruz de Guanacaste (CONIMBOCO).

El acuífero de Potrero está conformado por 6 subcuencas (Pilas, Cacao, Guapes, Cucaracha, Cusuca y Brasilar), en el Cuadro 61, se presenta un resumen, donde se muestran cada una de las subcuencas y sus respectivas áreas de los diferentes usos de la tierra identificados por la UEN Ambiental, para los periodos anteriormente indicados (Figura 81).

Cuadro 61: Resumen de los usos de suelo por subcuencas en el acuífero Potrero para los años de análisis.

Subcuenca	Año 2013				Año 2021				Año 2022			
	Urbano	Extracción de Áridos	Pasto	Bosque	Urbano	Extracción de Áridos	Pasto	Bosque	Urbano	Extracción de Áridos	Pasto	Bosque
Pilas	34.65	0.00	93.20	257.88	39.35	0.00	82.06	267.94	49.94	0.00	77.95	263.61
Cacao	9.90	1.50	963.22	738.79	24.20	1.10	375.65	734.00	22.81	2.37	348.37	740.85
Guapes	18.53	0.00	160.00	428.40	22.15	0.00	238.62	343.93	23.52	0.00	237.25	341.65
Cucaracha	30.53	0.00	153.20	740.78	48.10	0.00	265.34	602.54	45.60	0.00	243.35	633.25
Cusuca	2.67	0.00	72.00	120.67	2.05	0.00	85.21	104.92	2.96	0.00	83.83	108.92
Brasilar	53.75	0.00	123.48	222.99	60.15	0.45	122.12	196.77	71.91	0.47	113.25	213.27
Total (Ha)	145.00	1.50	865.00	2520.00	205.00	1.64	1175.00	2242.00	211.26	2.84	1105.98	2502.03

En cuanto al uso de la tierra relacionado al urbano, las subcuencas que contienen las mayores coberturas de este uso históricamente han sido la de Brasilar, Cucaracha y Pilas (Figura 81), las cuales han incrementado este uso a través del periodo analizado. Siendo Flamingo y Potrero los principales poblados, que se han experimentado crecimiento.

Por su parte, la extracción de áridos solo se localiza únicamente en las cuencas de Cacao y Brasilar (Figura 81), en esta última subcuenca se identifica la extracción de áridos a partir del año 2021. Por su parte, en la subcuenca Cacao, se encuentra en el Tajo los Marañoses, el cual si se ha identificado en todos los años estudiados. Esta actividad es la de menor cobertura del acuífero y a su vez la de menor variación en el periodo.

Los pastos son el segundo uso de mayor presencia dentro del acuífero, sin embargo, estos se concentran mayormente en la subcuenca Cacao (Figura 81), identificándose para el año 2013 un área de 363.22 Ha, y aumentando al 2021 a 375.75 Ha, y finalmente para el año 2022, muestran una disminución a 348.97 Ha. Esta disminución de la cobertura de pasto está relacionada directamente con un crecimiento de la cobertura boscosa para el año 2022 a nivel general del acuífero.

Los bosques a su vez son el uso de mayor presencia dentro del acuífero Potrero en todo el periodo analizado (Figura 81), pero a nivel de subcuencas, las que contienen la mayor cantidad de hectáreas de bosque son las subcuencas de Cacao y Cucaracha, mismas que en sus secciones medias y altas son áreas despobladas con usos de pastos y bosques principalmente.

8. Registro de concesiones en el Acuífero Potrero

A partir de la consulta realizada a la base de datos de la Dirección de agua del MINAE (SINIGIRH) a la fecha de emisión de este informe, se indica que existe en total 105 registros de concesiones de agua ubicadas dentro del Acuífero Potrero, cada una de ellas con caudales asignados con uso en específico, el cual se detalla en el Cuadro 62, mientras que la ubicación de las 105 concesiones se observa en la Figura 82.

Cuadro 62: Número de fuentes de agua inscritas en MINAE para el Acuífero Potrero.

Uso	Número de concesiones
Consumo Humano (Pozos AyA)	2
Consumo Humano (Pozos ASADAS)	6
Turístico	6
Consumo Humano (Pozos Privados)	17
Varios	18
Sin caudal/Sin uso	56
Total	105

Fuente: Dirección de Agua SINIGIRH (2022).

De las 105 concesiones existentes, 6 concesiones son empleadas para uso turístico, 17 para uso de consumo humano inscritos a nombre de privados, 2 de consumo humano empleados por el AyA, 6 también de consumo humano empleados por ASADAS, existen además 18 concesiones que tienen un caudal asignado para varios usos (riego y agropecuario) y 56 concesiones que no cuentan con caudal asignado.

A partir de la inspección de campo realizada el 14 de octubre, y los días 14 y 15 de noviembre del 2022, por parte del personal de la UEN Gestión Ambiental del AyA, se corroboraron los sitios donde se ubican los 2 pozos que son administrados por el AyA, así como los 3 pozos que son administrados por la ASADA de Potrero, los 2 pozos de la ASADA de Surfside y 1 pozo administrado por la ASADA de Lomas Pacífico, para un total de 8 pozos aprovechados para abastecimiento público en el Acuífero Potrero. Así también, se inspecciona en el campo la ubicación de los 11 sitios en donde aparecen registradas fuentes a nombre del AyA y de ASADAS, según el Registro Nacional de Concesiones de la Dirección de Agua (MINAE).

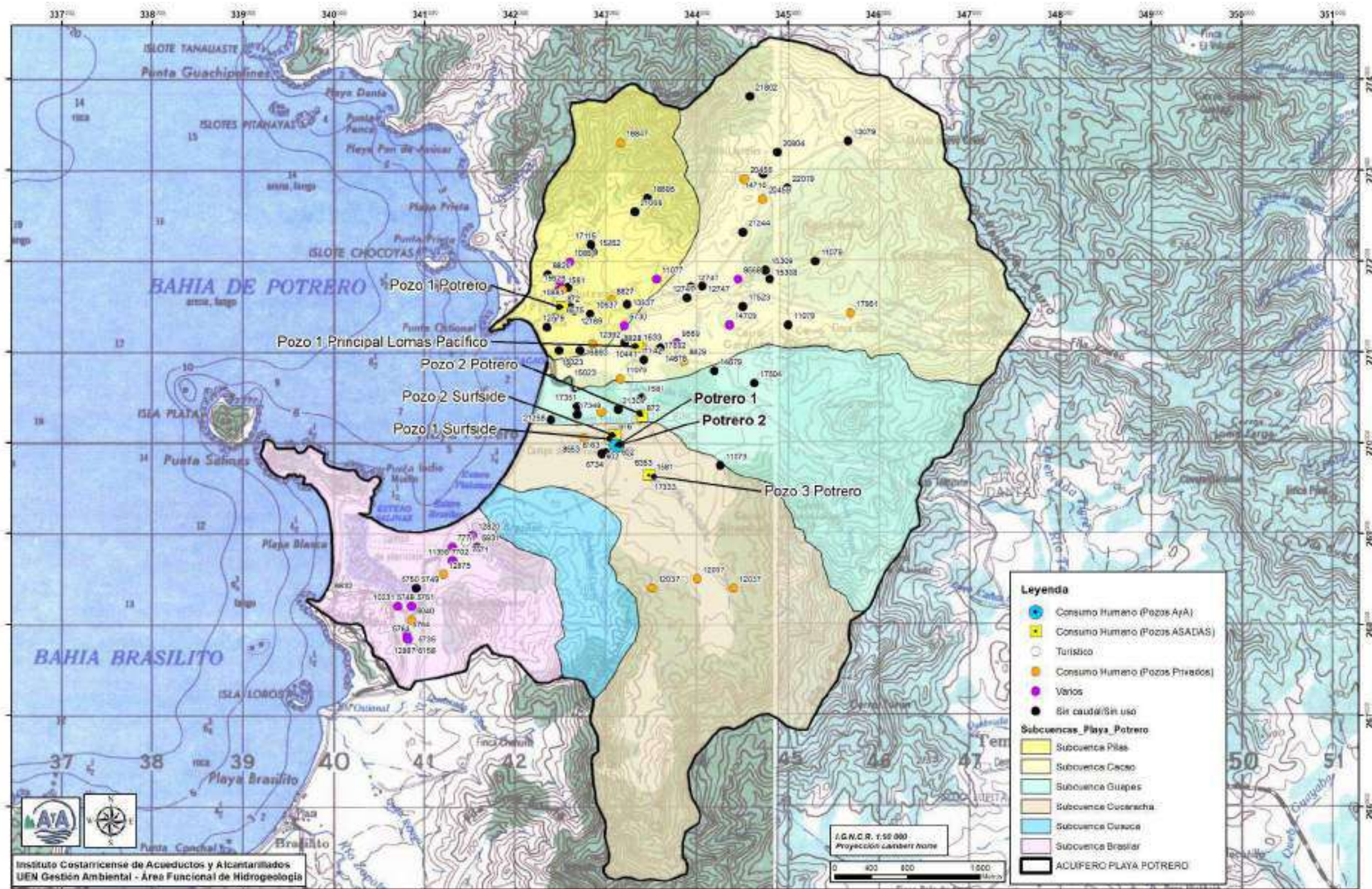



Figura 82: Mapa con la distribución de las concesiones registradas en el MINAE (SINIGIRH) dentro de las cuencas en análisis.

8.1. Pozos de entes operadores

8.1.1. Pozo AyA Potrero 1 (Sistema CH-A-11-Flamingo)

El pozo AyA Potrero 1, se encuentra inscrito en el MINAE (SINIGIRH) a nombre del AyA en el expediente 602-R con el número de toma 1802, con el nombre de “POZO POTRERO 1”. En el Cuadro 63, se indica el caudal inscrito y las coordenadas tomadas en campo y en la Figura 83, se observa la ubicación dentro de la Subcuenca Cucaracha.

Cuadro 63: Pozo AyA Potrero 1.

Número de expediente de MINAE	Pozos	Caudal concesionado MINAE l/s	Coordenadas Lambert Norte		Fotografía
			X	Y	
AyA Flamingo 602-R	Potrero 1	5.6	343110	269971	

8.1.2. Pozo AyA Potrero 2 (Sistema CH-A-11-Flamingo)

El pozo AyA Potrero 2, se encuentra inscrito en el MINAE (SINIGIRH) a nombre del AyA en el expediente 602-R, con el número de toma 1803, con el nombre de “POZO POTRERO 2”. En el Cuadro 64, se indica el caudal inscrito y las coordenadas tomadas en campo y en la Figura 83, se observa la ubicación dentro de la Subcuenca Cucaracha.

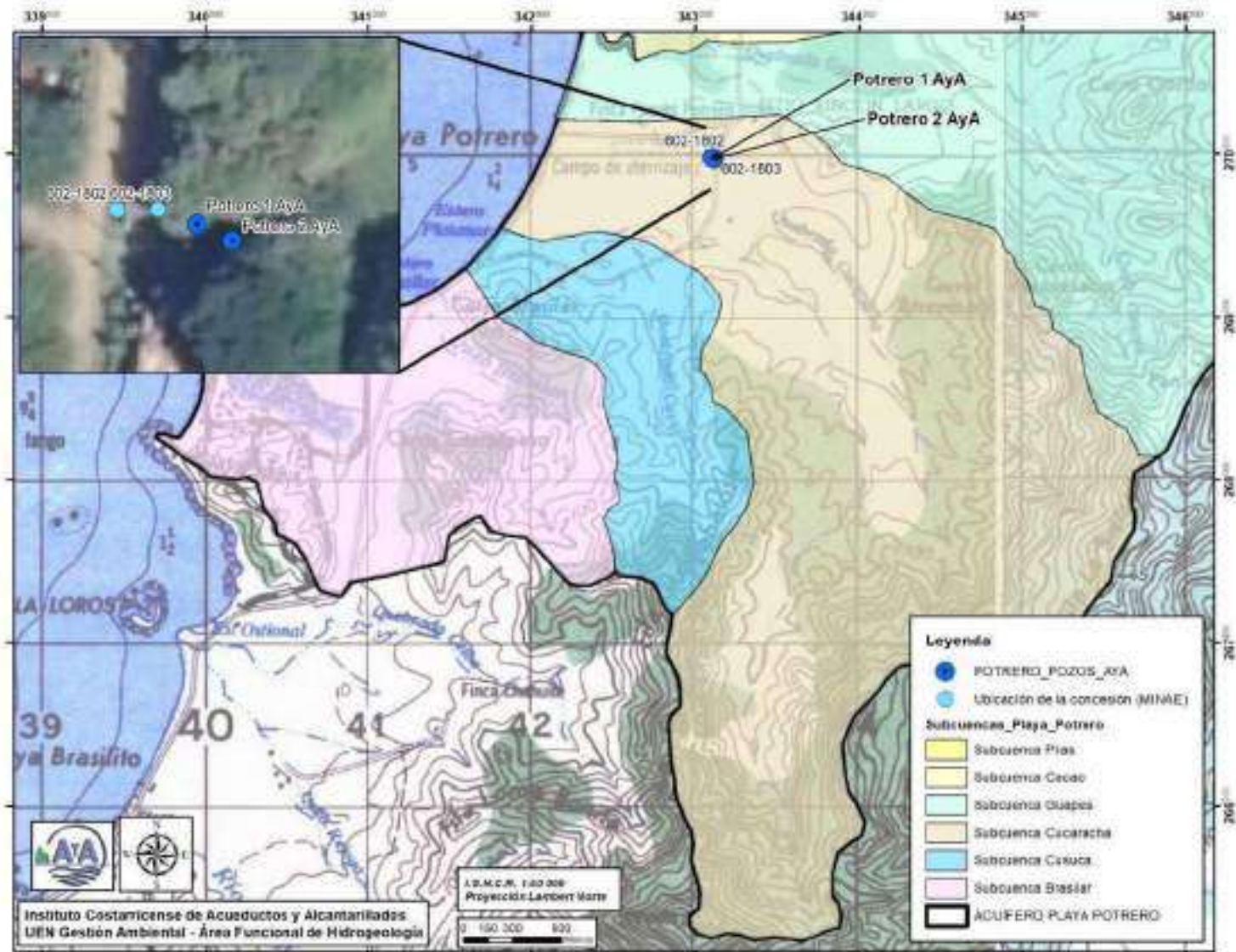


Figura 83: Pozos operados por el AyA.


Cuadro 64: Pozo AyA Potrero 2.

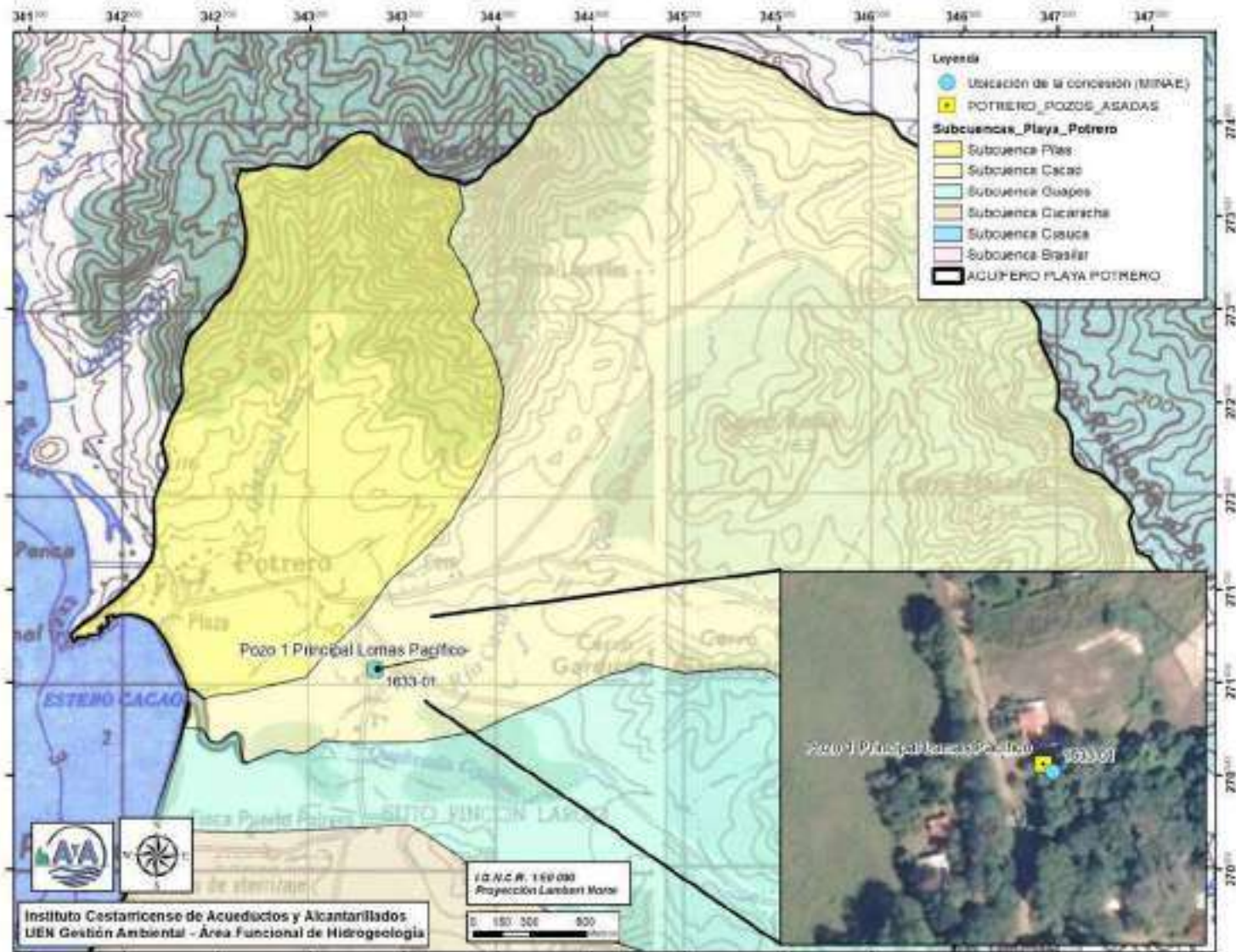
Número de expediente de MINAE	Pozos	Caudal concesionado MINAE l/s	Coordenadas Lambert Norte		Fotografía
			X	Y	
AyA Flamingo 602-R	Potrero 2	7.2	343116	269969	

8.1.3. Pozo 1 Principal ASADA Lomas Pacífico

En la Dirección de agua del MINAE (SINIGIRH), este pozo se encuentra a nombre de “Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Lomas del Pacífico de Playa Potrero”, en el expediente 1633-R con el número de toma 01, con el nombre de “MTP-96”. En el Cuadro 65, se indica el caudal inscrito y las coordenadas tomadas en campo y en la Figura 84 se observa la ubicación dentro de la Subcuenca Cacao.

Cuadro 65: Pozo inspeccionado de la ASADA Lomas Pacífico.

Número de expediente de MINAE	Pozos	Caudal concesionado MINAE l/s	Coordenadas Lambert Norte		Fotografía
			X	Y	
ASADA Lomas 1633-R	Pozo 1 Principal Lomas Pacífico	0.5	343345	271063	




8.1.4. Pozo 1 ASADA Playa Potrero

El Pozo 1 ASADA Potrero, se encuentra inscrito en la Dirección de agua del MINAE (SINIGIRH) a nombre de “Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Playa Potrero” en el expediente 1581-R con el número de toma 01, con el nombre de “POZO MTP 347”. En el Cuadro 66, se indica el caudal inscrito y las coordenadas tomadas en campo y en la Figura 85 se observa la ubicación dentro de la Subcuenca Pilas.

En la Dirección de Agua este pozo se encuentra registrado en las coordenadas longitud 342.512 y latitud 271.686, por lo que existe una diferencia en la latitud de 196 metros con respecto a la ubicación en campo (Figura 85), esta aclaración de detalla a profundidad en el apartado 8.2.

Cuadro 66: Pozo 1 ASADA Playa Potrero.

Número de expediente de MINAE	Pozos	Caudal concesionado MINAE l/s	Coordenadas Lambert Norte		Fotografía
			X	Y	
ASADA Playa Potrero 1581-R	Pozo 1 ASADA Playa Potrero	8.87	342512	271490	

8.1.5. Pozo 2 ASADA Playa Potrero

El Pozo 2 ASADA Potrero, se encuentra inscrito en la Dirección de agua del MINAE (SINIGIRH) a nombre de “Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Playa Potrero” en el expediente 1581-R con número de toma 02, con el nombre de “POZO MTP 348”. En el Cuadro 67, se indica el caudal inscrito y las coordenadas tomadas en campo y en la Figura 85 se observa la ubicación dentro de la Subcuenca Guapes.

En la Dirección de Agua, este pozo se encuentra registrado en las coordenadas longitud 343.388 y latitud 270.497, por lo que existe una diferencia en la latitud de 201 metros respecto a la ubicación en campo (Figura 85), esta aclaración de detalla a profundidad en el apartado 8.2.

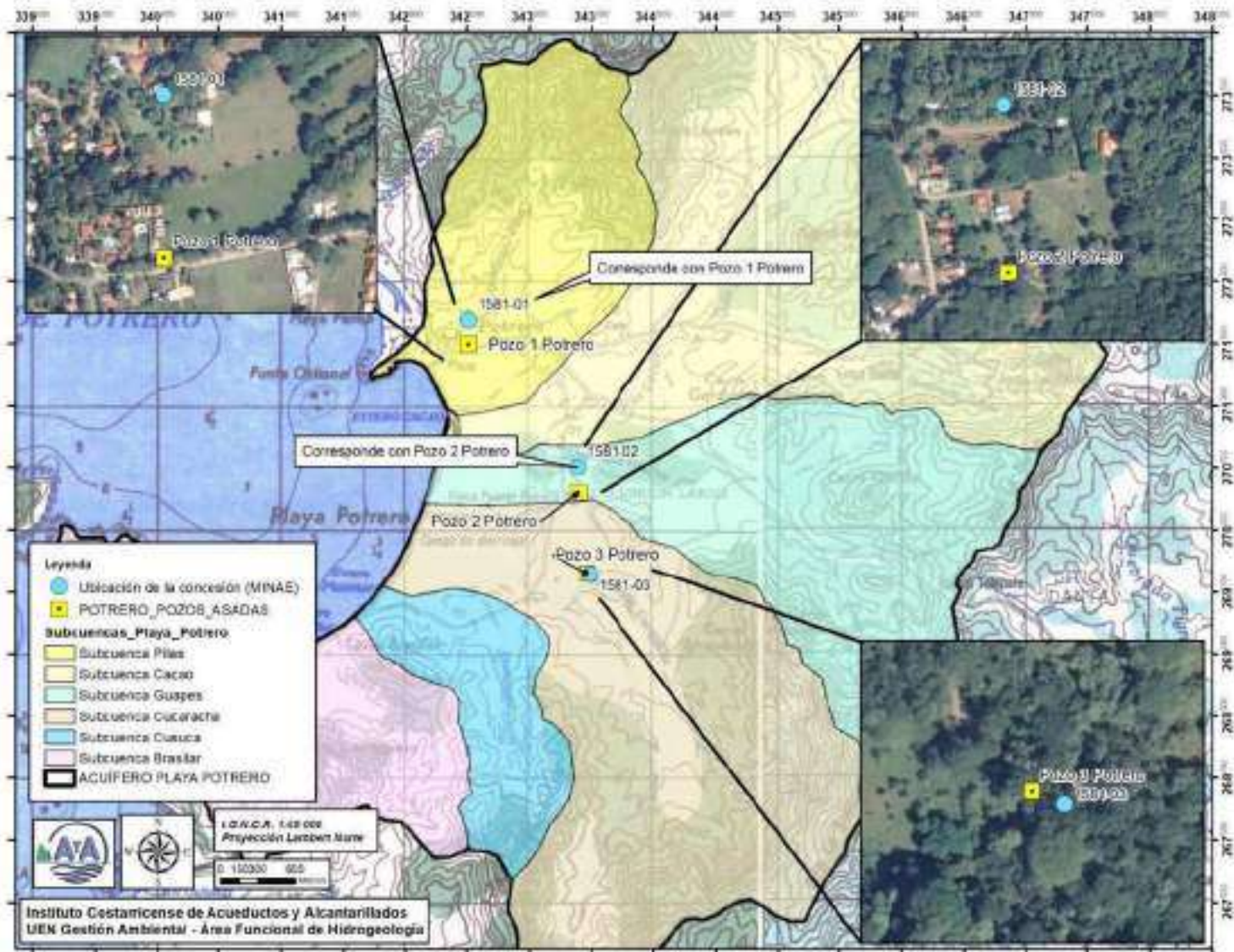



Figura 85: Pozos ASADA Playa Potrero.


Cuadro 67: Pozo 2 ASADA Playa Potrero.

Número de expediente de MINAE	Pozos	Caudal concesionado MINAE l/s	Coordenadas Lambert Norte		Fotografía
			X	Y	
ASADA Playa Potrero 1581-R	Pozo 2 ASADA Playa Potrero	2.85	343394	270296	

8.1.6. Pozo 3 ASADA Playa Potrero

El Pozo 3 ASADA Potrero, se encuentra inscrito en la Dirección de agua del MINAE (SINIGIRH) a nombre de “Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Playa Potrero” en el expediente 1581-R con número de toma 03, con el nombre de “MTP357”. En el Cuadro 68, se indica el caudal inscrito y las coordenadas tomadas en campo y en la Figura 85 se observa la ubicación dentro de la Subcuenca Cucaracha. Según consulta a la Dirección de Agua se encontró que, las coordenadas registradas para este pozo MTP357 son de longitud 343.486 y latitud 269.634, por lo que sí se aproximan a las coordenadas registradas en campo para este pozo. Este pozo posee un caudal de 0 L/s según consulta realizada al SINIGIRH (MINAE).

Cuadro 68: Pozo 3 ASADA Playa Potrero.

Número de expediente de MINAE	Pozos	Caudal concesionado MINAE l/s	Coordenadas Lambert Norte		Fotografía
			X	Y	
ASADA Playa Potrero 1581-R	Pozo 3 ASADA Playa Potrero (MPT-357)	0	343467	269641	


8.1.7. Pozo 1 ASADA SurfSide

El Pozo 1 ASADA SurfSide, se encuentra inscrito en el MINAE (SINIGIRH) a nombre del AyA en el expediente 616-R con el número de toma 01, con el nombre de “POZO N°1”. En el Cuadro 69, se indica el caudal inscrito y las coordenadas tomadas en campo y en la Figura 86 se observa la ubicación dentro de la Subcuenca Cucaracha. Según consulta a la Dirección de agua se encontró que las coordenadas registradas para este pozo son de longitud 343.042 y latitud 270.050, por lo que sí se aproximan a las coordenadas registradas en campo para este pozo.

Este pozo posee un caudal de 0 L/s según consulta realizada al SINIGIRH (MINAE).

Se hace la aclaración de que la concesión de este pozo aparece a nombre del AyA, sin embargo, es administrado por la ASADA Surfside.

Cuadro 69: Pozo 1 ASADA SurfSide.

Número de expediente de MINAE	Pozos	Caudal concesionado MINAE l/s	Coordenadas Lambert Norte		Fotografía
			X	Y	
ASADA SurfSide 616-R	POZO N° 1 ASADA SurfSide	0	343048	270047	

8.1.8. Pozo 2 ASADA SurfSide

El Pozo 2 ASADA SurfSide se encuentra inscrito en el MINAE (SINIGIRH) a nombre del AyA en el expediente 616-R con el número de toma 02, con el nombre de “POZO N°2”. En el Cuadro 70, se indica el caudal inscrito y las coordenadas tomadas en campo y en la Figura 86 se observa la ubicación dentro de la Subcuenca Cucaracha. Según consulta a la Dirección de agua se encontró que las coordenadas registradas para este pozo son de longitud 343.075 y latitud 270.076, por lo que sí se aproximan a las coordenadas registradas en campo para este pozo.

Este pozo posee un caudal de 0 L/s según consulta realizada al SINIGIRH (MINAE).

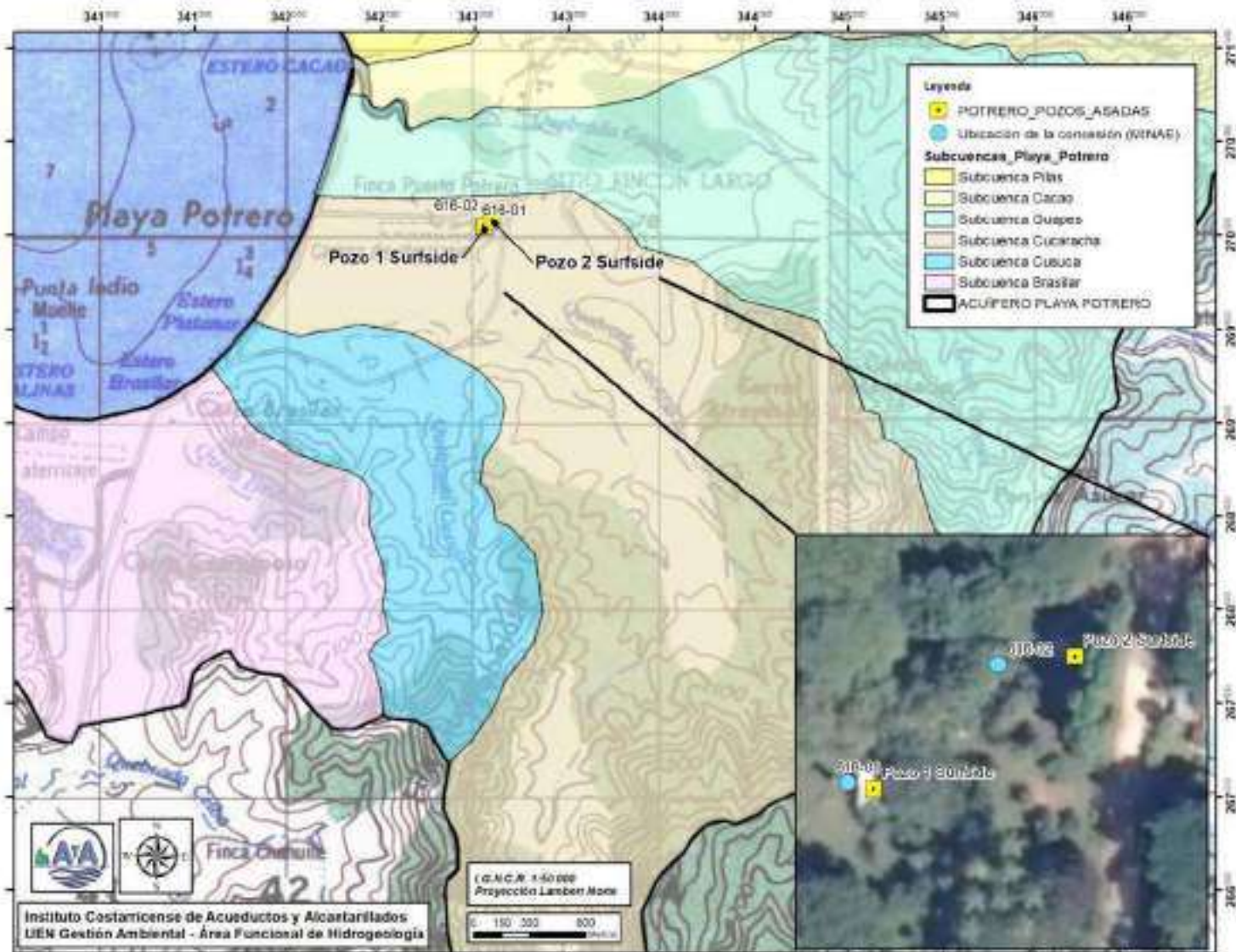



Figura 86: Pozos ASADA SurfSide.

Se hace la aclaración de que este pozo aparece a nombre del AyA, sin embargo, es administrado por la ASADA Surfside.

Cuadro 70: Pozo 2 ASADA SurfSide.

Número de expediente de MINAE	Pozos	Caudal concesionado MINAE l/s	Coordenadas Lambert Norte		Fotografía
			X	Y	
ASADA SurfSide 616-R	POZO N° 2 ASADA SurfSide	0	343092	270076	

8.2. Sitios con concesiones a nombre del AyA y de ASADAS.

En el Cuadro 71, se detallan 19 registros identificados por la Dirección de Agua del MINAE (Figura 87), como fuentes utilizadas para el abastecimiento público de agua. Con el fin de validar esta información, se realizó una inspección de campo, para determinar cuáles de estas fuentes son operadas por el AyA o ASADAS. Se utilizará como referencia las columnas “Número de toma” y “Número de expediente” del Cuadro 71, para la descripción de los resultados obtenidos con la inspección para la validación de la información.

Cuadro 71: Listado con los 19 registros de fuentes a nombre del AyA y de ASADAS en el Acuífero Potrero.

ID	Número de expediente	Razón social	Numero pozo	Numero de toma	Nombre	Coordenadas Lambert Norte		Estado expediente	Caudal inscrito l/s
						Latitud	Longitud		
1	1633	Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Lomas del Pacifico de Playa Potrero	MTP-96	1	P-1	271061	343349	Inscrito	0.5
2	602	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Pozo Potrero 2	1803	-	269975	343103	Otorgado	7.2
3	602	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Pozo Potrero 1	1802	-	269975	343096	Otorgado	5.6
4	872	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Barrio Cuatro Calles	1	-	270279	343381	Inscrito	4
5	872	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Pozo N? 1	2	-	271484	342499	Inscrito	4.13
6	616	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Pozo N? 1	1	-	270050	343042	Inscrito	0
7	616	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Pozo N? 2	2	-	270076	343075	Inscrito	0
8	602	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Potrero 1	1771	-	269975	343096	Otorgado	0
9	602	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Potrero 2	1772	-	269975	343103	Otorgado	0
10	6675	Comité de Desarrollo de Playa Potrero	Sin Numero	2	-	270300	343400	Cancelado por vencimiento	5.2
11	6675	Comité de Desarrollo de Playa Potrero	Sin Numero	1	-	271500	342500	Cancelado por vencimiento	5.2
12	1581	Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Playa Potrero	3	3	MTP-357	269634	343486	Inscrito	0
13	1581	Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Playa Potrero	MTP-347	1	MTP 347	271686	342512	Inscrito	8.87
14	1581	Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Playa Potrero	MTP-348	2	MTP-348	270497	343388	Inscrito	2.85
15	6734	S.U.A. De Playa Potrero	Sin Numero 2	1	-	269890	342990	Cancelado	0
16	8163	S.U.A. De Playa Potrero	Sin Numero 1	1	-	269880	342950	Cancelado	0
17	6734	S.U.A. De Playa Potrero	Sin Numero 1	2	-	269880	342950	Cancelado	0
18	8163	S.U.A. De Playa Potrero	Sin Numero 2	2	-	269890	342990	Cancelado	0
19	6353	Sociedad De Usuarios De Agua De Playa Flamingo	MTP-63	1	-	269870	343250	Cancelado por vencimiento	19.95

Fuente: Correo electrónico del 21 de noviembre 2022 de la Geól. Syra Carrillo Carrillo, funcionaria de la Dirección de Agua, MINAE.

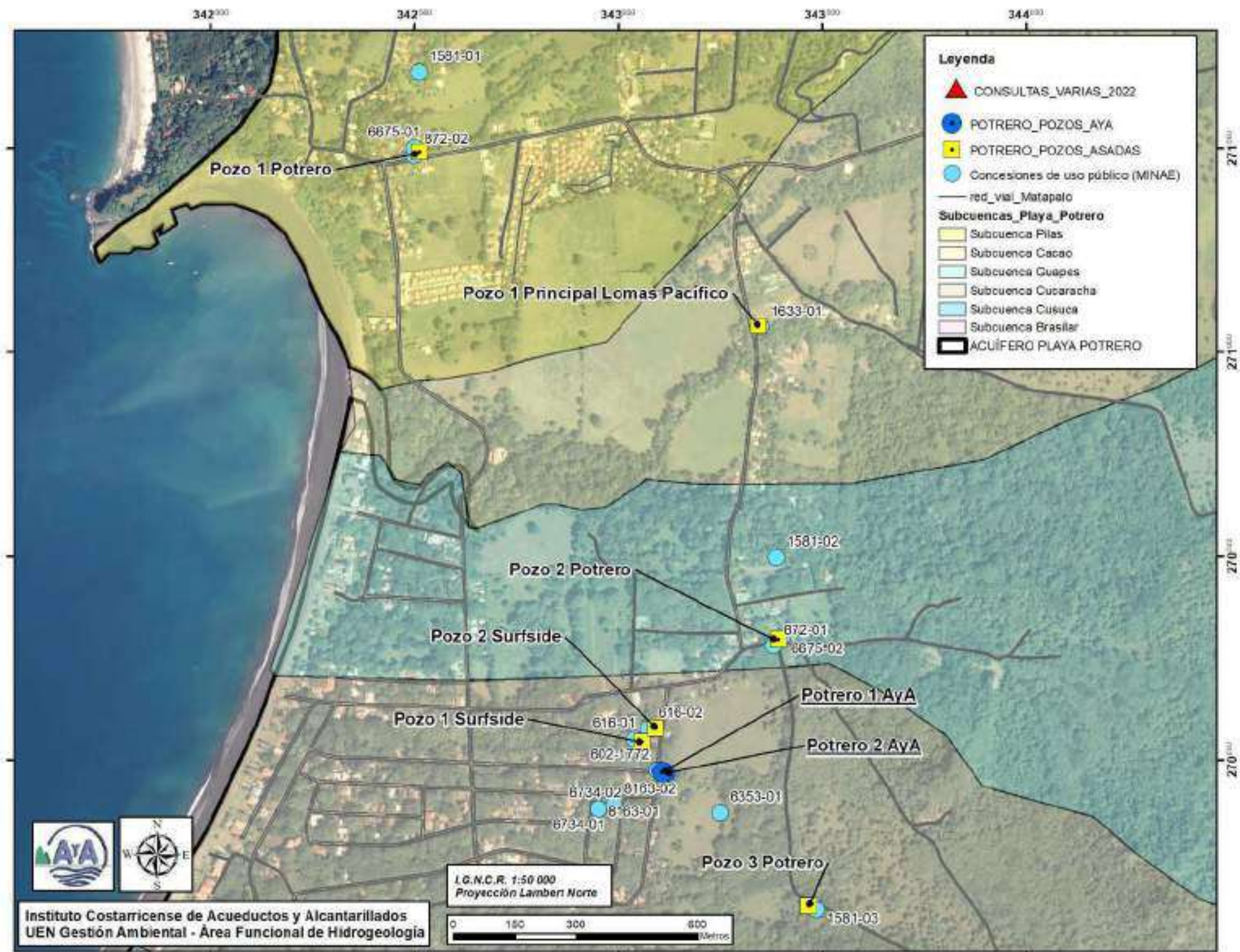


Figura 87: Mapa de ubicación de los 19 registros identificados por la DA-MINAE como fuentes utilizadas para el abastecimiento público de agua.

A partir de la inspección de campo, se pudo constatar lo siguiente para cada número de expediente dado por la Dirección de Agua:

8.2.1. Toma 1 Expediente 1633-R Pozo 1 Principal Lomas Pacífico

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343349 Este / 271061 Norte, en donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 01, con el nombre de “MTP-96” y con el expediente 1633-R a nombre de “Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Lomas del Pacífico de Playa Potrero”, en donde se constató que este registro sí corresponde con el pozo 1 Principal Lomas Pacífico, donde las coordenadas registradas se encuentran desplazadas a 4 m de su ubicación real (Fotografía 1).



Fotografía 1: Revisión de sitio con coordenadas 343349 Este / 271061 Norte.

8.2.2. Toma 1803 Expediente 602-R Pozo Potrero 2

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343103 Este / 269975 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 1803, con el nombre de “Pozo Potrero 2” y con el expediente 602-R a nombre del AyA, en donde se constató que este registro sí corresponde con el pozo AyA Potrero 2, donde las coordenadas registradas se encuentran desplazadas 14.57 m de su ubicación real (Fotografía 2), por lo cual se solicitará la corrección correspondiente por parte del AyA.



Fotografía 2: Revisión de sitio con coordenadas 343103 Este / 269975 Norte.

8.2.3. Toma 1802 Expediente 602-R Pozo Potrero 1

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343096 Este / 269975 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 1802, con el nombre de “Pozo Potrero 1” y con el expediente 602-R a nombre del AyA, en donde se constató que este registro sí corresponde con el pozo AyA Potrero 1, donde las coordenadas registradas se encuentran desplazadas 14.58 m de su ubicación real (Fotografía 3), por lo cual se solicitará la corrección correspondiente por parte del AyA.



Fotografía 3: Revisión de sitio con coordenadas 343096 Este / 269975 Norte.

8.2.4. Toma 01 Expediente 872-R

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343381 Este / 270279 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 01, con el nombre de “Barrio Cuatro Calles” y con el expediente 872-R a nombre del AyA, la cual se ubica a 21 m en dirección suroeste del Pozo 2 ASADA Playa Potrero y se determinó que en las coordenadas registradas no se ubica pozo alguno.

Así también, se descartó que este expediente se asocie con el Pozo 2 ASADA Playa Potrero (Fotografía 4), ya que este pozo corresponde al expediente 1581-R toma 2, el cual se describirá en párrafos posteriores, por lo cual se solicitará la desinscripción correspondiente por parte del AyA.



Fotografía 4: Revisión de sitio con coordenadas 343381 Este / 270279 Norte.

8.2.5. Toma 02 Expediente 872-R

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 342499 Este / 271484 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 02, con el nombre de “Pozo N°1” y con el expediente 872-R a nombre del AyA, la cual se ubica a 15 m en dirección suroeste del Pozo 1 ASADA Playa Potrero y se determinó que en las coordenadas registradas no se ubica algún pozo.

Así también, se descartó que este expediente se asocie con el Pozo 1 ASADA Playa Potrero (Fotografía 5), ya que este pozo corresponde al expediente 1581-R toma 1, el cual se describirá en párrafos posteriores, por lo cual se solicitará la desinscripción correspondiente por parte del AyA.



Fotografía 5: Revisión de sitio con coordenadas 342499 Este / 271484 Norte.

8.2.6. Toma 01 Expediente 616-R- Pozo 1 ASADA Surfside

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343042 Este / 270050 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 01, con el nombre de “Pozo N°1” y con el expediente 616-R a nombre del AyA, en donde se constató este registro sí corresponde con el Pozo 1 ASADA Surfside, donde las coordenadas registradas se encuentran desplazadas 7 m de su ubicación real (Fotografía 6), por lo cual deberá la Subgerencia de Sistemas Delegados, solicitar la corrección correspondiente ante la Dirección de Agua del MINAE.



Fotografía 6: Revisión de sitio con coordenadas 343042 Este / 270050 Norte.

8.2.7. Toma 02 Expediente 616-R – Pozo 2 ASADA Surfside

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343075 Este / 270076 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 02, con el nombre de “Pozo N°2” y con el expediente 616-R a nombre del AyA, en donde se constató que este registro sí corresponde con el Pozo 2 ASADA Surfside, donde las coordenadas registradas se encuentran desplazadas 17.4 m de su ubicación real (Fotografía 7), por lo cual deberá la Subgerencia de Sistemas Delegados, solicitar la corrección correspondiente ante la Dirección de Agua del MINAE.



Fotografía 7: Revisión de sitio con coordenadas 343075 Este / 270076 Norte.

8.2.8. Toma 1771 Expediente 602-R

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343096 Este / 269975 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 1771, con el nombre de “Potrero 1” y con el expediente 602-R a nombre del AyA, el cual se ubica exactamente en las mismas coordenadas donde se encuentra la toma 1802 Expediente 872-R, correspondiente al Pozo AyA Potrero 1. (Fotografía 8), por lo que la Toma 1771 se encuentra duplicada. Por parte del AyA se procederá a realizar la desinscripción.



Fotografía 8: Revisión de sitio con coordenadas 343096 Este / 269975 Norte.

8.2.9. Toma 1772 Expediente 602-R

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343103 Este / 269975 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 1772, con el nombre de “Potrero 2” y con el expediente 602-R a nombre del AyA, el cual se ubica exactamente en las mismas coordenadas donde se encuentra la toma 1803 Expediente 872-R, correspondiente al Pozo AyA Potrero 2 (Fotografía 9), por lo que Toma 1772 se encuentra duplicada. Por parte del AyA se procederá a realizar la desinscripción.



Fotografía 9: Revisión de sitio con coordenadas 343103 Este / 269975 Norte.

8.2.10. Toma 02 Expediente 6675-R

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343400 Este / 270300 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 02, con el nombre de “Sin Numero” y con el expediente 6675-R a nombre de “Comité de Desarrollo de Playa Potrero”, y se constató que en este sitio no se observa ningún pozo del AyA o de ASADAS (Fotografía 10).

Así también, se descartó que este expediente se asocie con el Pozo 2 ASADA Playa Potrero (Fotografía 10), ya que el mismo corresponde al expediente 1581-R Toma 2, el cual se describirá posteriormente, por lo cual deberá la Subgerencia de Sistemas Delegados, solicitar la desinscripción correspondiente ante la Dirección de Agua del MINAE.



Fotografía 10: Revisión de sitio con coordenadas 343400 Este / 270300 Norte.

8.2.11. Toma 01 Expediente 6675-R

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343400 Este / 270300 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 01, con el nombre de “Sin Numero” y con el expediente 6675-R a nombre de “Comité de Desarrollo de Playa Potrero”, la cual se ubica 16 m en dirección noroeste del Pozo 1 ASADA Potrero y se constató que en el sitio no se observa ningún pozo del AyA o de ASADAS (Fotografía 11).

Así también, se descartó que este expediente se asocie con el Pozo 1 ASADA Playa Potrero (Fotografía 11), ya que este pozo corresponde al expediente 1581-R toma 1, por lo cual deberá la Subgerencia de Sistemas Delegados, solicitar la desinscripción correspondiente ante la Dirección de Agua del MINAE.



Fotografía 11: Revisión de sitio con coordenadas 343400 Este / 270300 Norte.

8.2.12. Toma 03 Expediente 1581-R – Pozo 3 ASADA Potrero

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343486 Este / 269634 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 03, con el nombre de “MTP357” y con el expediente 1581-R a nombre de “Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Playa Potrero”, en donde se constató que este registro sí corresponde con el Pozo 3 ASADA Potrero, donde las coordenadas registradas se encuentran desplazadas a 20 m de su ubicación real (Fotografía 12), por lo cual se solicitará la corrección correspondiente por parte de la Subgerencia de Sistemas Delegados.



Fotografía 12: Revisión de sitio con coordenadas 343486 Este / 269634 Norte.

8.2.13. Toma 01 Expediente 1581-R – Pozo 1 ASADA Potrero

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 342512 Este / 271686 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 01, con el nombre de “Pozo MTP 347” y con el expediente 1581-R, a nombre de Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Playa Potrero, en donde se constató que en el sitio no se observa ningún pozo del AyA o de ASADAS (Fotografía 13).

Según el registro de concesiones de la DA- MINAE, este expediente corresponde al Pozo 1 ASADA Potrero, cuya ubicación real se encuentra a 196 m hacia el sur de las coordenadas registradas, por lo cual se solicitará la corrección correspondiente por parte de la Subgerencia de Sistemas Delegados.



Fotografía 13: Revisión de sitio con coordenadas 342512 Este / 271686 Norte.

8.2.14. Toma 02 Expediente 1581-R – Pozo 2 ASADA Potrero

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343388 Este / 270497 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 02, con el nombre de “Pozo MTP 348” y con el expediente 1581-R, a nombre de Asociación Administradora Del Acueducto Y Alcantarillado Sanitario De Playa Potrero, en donde se constató que en el sitio no se observa ningún pozo del AyA o de ASADAS (Fotografía 14).

Según DA- MINAE, este expediente corresponde al Pozo 2 ASADA Potrero, cuya ubicación real se encuentra a 201 m hacia el sur de las coordenadas registradas, por lo cual se solicitará la corrección correspondiente por parte de la Subgerencia de Sistemas Delegados.



Fotografía 14: Revisión de sitio con coordenadas 343388 Este / 270497 Norte.

8.2.15. Toma 01 Expediente 6734-R

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 342990 Este / 269890 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 01, con el nombre de “Sin Numero 2” y con el expediente 6734-R a nombre de “S.U.A. de Playa Potrero”, en donde se constató que en el sitio no se observa ningún pozo del AyA o de ASADAS (Fotografía 15), por lo cual deberá la Subgerencia de Sistemas Delegados, solicitar la desinscripción correspondiente ante la Dirección de Agua del MINAE.



Fotografía 15: Revisión de sitio con coordenadas 342990 Este / 269890 Norte.

8.2.16. Toma 02 Expediente 8163-R

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 342990 Este / 269890 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 02, con el nombre de “Sin Numero 2” y con el expediente 8163-R a nombre de “S.U.A. de Playa Potrero”, en donde se constató que el sitio corresponde con la misma ubicación de la Toma 01 Expediente 6734-R, descrita en el numeral anterior, por lo que tampoco se observa ningún pozo del AyA o de ASADAS (Fotografía 15), por lo cual deberá la Subgerencia de Sistemas Delegados, solicitar la desinscripción correspondiente ante la Dirección de Agua del MINAE.

8.2.17. Toma 01 Expediente 8163-R

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 342950 Este / 269880 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 01, con el nombre de “Sin Numero 1” y con el expediente 8163-R a nombre de “S.U.A. de Playa Potrero”, en donde se constató que en el sitio no se observa ningún pozo del AyA o de ASADAS (Fotografía 16), por lo cual deberá la Subgerencia de Sistemas Delegados, solicitar la desinscripción correspondiente ante la Dirección de Agua del MINAE.



Fotografía 16: Revisión de sitio con coordenadas 342990 Este / 269890 Norte.

8.2.18. Toma 02 Expediente 6734-R

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 342990 Este / 269890 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 02, con el nombre de “Sin Numero 1” y con el expediente 6734-R a nombre de “S.U.A. de Playa Potrero”, en donde se constató que el sitio corresponde con la misma ubicación de la Toma 01 Expediente 8163-R, descrita en el numeral anterior, por lo que tampoco se observa ningún pozo del AyA o de ASADAS (Fotografía 16), por lo cual deberá la Subgerencia de Sistemas Delegados, solicitar la desinscripción correspondiente ante la Dirección de Agua del MINAE.

8.2.19. Toma 01 Expediente 6353-R

Se procedió a inspeccionar en campo las coordenadas Lambert Norte 343250 Este / 269870 Norte, donde según la Dirección de Agua, se encuentra una concesión con el número de toma 01, con el nombre de “MTP-63” y con el expediente 6353-R a nombre de “Sociedad de Usuarios de Agua de Playa Flamingo”, en donde se constató que en el sitio no se observa ningún pozo del AyA o de ASADAS (Fotografía 17), por lo cual deberá la Subgerencia de Sistemas Delegados, solicitar la desinscripción correspondiente ante la Dirección de Agua del MINAE.



Fotografía 17: Revisión de sitio con coordenadas 342990 Este / 269890 Norte.

En el Cuadro 72, se presenta el detalle de los 19 registros de fuentes de agua a nombre del AyA, ASADAS, sociedades de usuarios y comités de desarrollo, dentro del Acuífero Potrero, en color celeste se demarcan los registros que corresponden con las 8 fuentes empleadas por AyA y ASADAS, mientras que en la última columna se indican las observaciones para cada uno de los registros según corresponda.

Cuadro 72: Listado con los 19 inspeccionados en campo.

ID	Número de expediente	Razón social	Numero pozo	Numero de toma	Nombre	Correspondencia con la fuente de abast. Público	Coordenadas Lambert Norte		Estado expediente	Caudal inscrito l/s	Observaciones
							Latitud	Longitud			
1	1633	Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Lomas del Pacífico de Playa Potrero	MTP-96	1	P-1	Pozo 1 Principal Lomas Pacífico	271061	343349	Inscrito	0.5	Pozo requiere rectificación de coordenadas en el expediente
2	602	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Pozo Potrero 2	1803	-	AyA Pozo Potrero 2	269975	343103	Otorgado	7.2	Pozo requiere rectificación de coordenadas en el expediente
3	602	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Pozo Potrero 1	1802	-	AyA Pozo Potrero 1	269975	343096	Otorgado	5.6	Pozo requiere rectificación de coordenadas en el expediente
4	872	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Barrio Cuatro Calles	1	-	-	270279	343381	Inscrito	4	No se observó ningún pozo del AyA o de ASADAS. Se requiere desinscripción
5	872	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Pozo N? 1	2	-	-	271484	342499	Inscrito	4.13	No se observó ningún pozo del AyA o de ASADAS. Se requiere desinscripción
6	616	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Pozo N? 1	1	-	POZO N° 1 ASADA Surfside	270050	343042	Inscrito	0	Pozo requiere rectificación de coordenadas en el expediente
7	616	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Pozo N? 2	2	-	POZO N° 2 ASADA Surfside	270076	343075	Inscrito	0	Pozo requiere rectificación de coordenadas en el expediente
8	602	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Potrero 1	1771	-	-	269975	343096	Otorgado	0	Registro duplicado-Se requiere desinscripción
9	602	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Potrero 2	1772	-	-	269975	343103	Otorgado	0	Registro duplicado-Se requiere desinscripción
10	6675	Comité de Desarrollo de Playa Potrero	Sin Numero	2	-	-	270300	343400	Cancelado por vencimiento	5.2	No se observó ningún pozo del AyA o de ASADAS. Se requiere desinscripción
11	6675	Comité de Desarrollo de Playa Potrero	Sin Numero	1	-	-	271500	342500	Cancelado por vencimiento	5.2	No se observó ningún pozo del AyA o de ASADAS. Se requiere desinscripción
12	1581	Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Playa Potrero	3	3	MTP357	Pozo 3 ASADA Playa Potrero	269634	343486	Inscrito	0	Pozo requiere rectificación de coordenadas en el expediente
13	1581	Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Playa Potrero	MTP-347	1	POZO MTP 347	Pozo 1 ASADA Playa Potrero	271686	342512	Inscrito	8.87	Pozo requiere rectificación de coordenadas en el expediente
14	1581	Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Playa Potrero	MTP-348	2	POZO MTP-348	Pozo 2 ASADA Playa Potrero	270497	343388	Inscrito	2.85	Pozo requiere rectificación de coordenadas en el expediente
15	6734	S.U.A. De Playa Potrero	Sin Numero 2	1	-	-	269890	342990	Cancelado	0	No se observó ningún pozo del AyA o de ASADAS. Se requiere desinscripción
16	8163	S.U.A. De Playa Potrero	Sin Numero 1	1	-	-	269880	342950	Cancelado	0	No se observó ningún pozo del AyA o de ASADAS. Se requiere desinscripción
17	8163	S.U.A. De Playa Potrero	Sin Numero 2	2	-	-	269890	342990	Cancelado	0	No se observó ningún pozo del AyA o de ASADAS. Se requiere desinscripción
18	6734	S.U.A. De Playa Potrero	Sin Numero 1	2	-	-	269880	342950	Cancelado	0	No se observó ningún pozo del AyA o de ASADAS. Se requiere desinscripción
19	6353	Sociedad de Usuarios de Agua de Playa Flamingo	MTP-63	1	-	-	269870	343250	Cancelado por vencimiento	19.95	No se observó ningún pozo del AyA o de ASADAS. Se requiere desinscripción

8.3. Concesiones de los pozos privados

En el Acuífero Potrero, se encuentran registradas en la base de datos del SINIGIRH, un total de 105 concesiones, de las cuales como se indicó anteriormente, 8 corresponden con fuentes del AyA y de ASADAS y 11 registros no corresponden con ningún pozo según la validación de campo, descrita en el apartado 8.2 (Cuadro 72).

Según lo indicado en el párrafo anterior, la extracción correspondiente a los aprovechamientos privados en el acuífero Potrero, serán determinados a partir de los 86 registros restante que se aprecian en el Cuadro 73.

El cálculo del volumen concesionado anual para cada aprovechamiento se determinó tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para las concesiones con uso Turístico y con uso de Consumo Humano, se les emplea un tiempo de bombeo de 24 horas/día durante un período de 12 meses.
- Existen además fuentes a las cuales el MINAE les otorgó varios caudales y cada uno con diferente uso, entre ellos riego, turístico, agropecuario, agroindustrial, industria, etc, a estas fuentes se les emplea un tiempo de bombeo de 12 horas/día por 12 meses.

Cuadro 73: Caudal y volumen de concesión según el tipo de uso en el Acuífero Potrero.

Uso	Régimen (Horas/Día)	Bombeo (Meses)	Número de Concesiones	Volumen concesionado por uso (m ³ /año)	Caudal por uso (L/s)
Turístico	24	12	5	63,072.00	2.000
Consumo Humano (Pozos Privados)	24	12	16	152,003.52	4.819
Varios	12	12	18	374,174.64	11.863
Sin caudal/Sin uso	-	-	47	-	-
Total			86	589,250.16	18.683

Fuente: Dirección de Agua SINIGIRH (2022)

Por lo cual, el volumen concesionado indicado en el en el Cuadro 73, se encuentran contemplado en el cálculo de la recarga del acuífero Potrero, a partir del método de hidrogramas, el cual se basa en el análisis de la respuesta del acuífero ante la recarga recibida y las extracciones (bombeo o descargas naturales).

9. Análisis de producción de las fuentes de AyA y ASADAS en función del caudal disponible por subcuenca

A partir de la información recopilada en el informe denominado “Informe de caracterización y aprovechamiento de los acuíferos costeros de Santa Cruz” y del “Informe de capacidad hídrica de los operadores en los acuíferos costeros de Santa Cruz”, ambos realizados por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia de Sistemas Periféricos, se procedió a realizar un análisis entre la producción mensual de los aprovechamientos de AyA y ASADA, con respecto al caudal disponible por subcuenca determinado en el apartado 5 del presente estudio, como insumo para la Dirección de Agua del MINAE, como ente competente en las solicitudes de concesión de aprovechamientos de agua.

Para este análisis, se utilizará como referencia el caudal aprovechable determinado para el año 2021, según los resultados obtenidos mediante la metodología de recarga por hidrograma de pozo, ya que este año es el más conservador de la serie analizada (2011-2021), en procura de la protección del acuífero.

9.1. Subcuenca Pilas

A partir del análisis realizado con los informes de la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, el Pozo 1 de la ASADA de Potrero, se ubica en la Subcuenca Pilas (Figura 87), el cual cuenta con un caudal concesionado de 8.87 L/s (SINIGIRH, 2022).

Del registro de producción mensual por pozos, aportado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos (Anexo 5), se obtiene que el Pozo 1 de la ASADA de Potrero, registra una producción mensual variable, entre 272 m³ (Noviembre, 2021) a 7712 m³ (Marzo, 2022), como se muestra en el gráfico de la Figura 88.

En el mes de agosto del 2020, la producción mensual en este pozo alcanzó los 24770 m³, donde a partir de la sesión de trabajo sostenida con personal de la UEN OS-SGSP, se determina este valor como un dato anómalo, ya que no se cuentan con más registros similares en la población de datos analizada.

Según el citado registro de producción mensual (Figura 88), el promedio de producción mensual del Pozo 1 de la ASADA de Potrero, es de 3108.12 m³ (1.18 L/s). Para valorar las condiciones de extracción que se presentan en este pozo, se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. El caudal aprovechable definido para la Subcuenca Pilas en el Cuadro 17 “Caudal disponible en la subcuenca Pilas”, el cual es de 9.37 L/s para el año de referencia del 2021.
2. A partir de la Tabla 21 “Profundidad de la interface en Playa Potrero”, del estudio del informe Técnico del SENARA (2012), para el caso de análisis del pozo ASADA Potrero 1, el cual se encuentra a una distancia de 300 m de la línea de costa, la profundidad con la interface agua dulce-agua salada corresponde a 94 m.
3. Según el registro de los análisis de muestreos de calidad para este pozo, se tiene que las conductividades eléctricas del agua presentan valores que oscilan entre los 472 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (año 2018) - 421 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (año 2022) para el periodo de medición entre los años del 2018 al 2022.
4. Dentro de esta subcuenca se encuentra el pozo MTP-354, ubicado a una distancia de 155 m del pozo 1 de la ASADA Potrero, el cual forma parte de la red SIMASTIR, administrada por la Dirección de Agua – MINAE, y cuenta con el monitoreo continuó de conductividad. En este registro se observa que estos valores de conductividad presentan un aumento cuando los niveles de agua subterránea descienden, ubicándose por encima de los 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

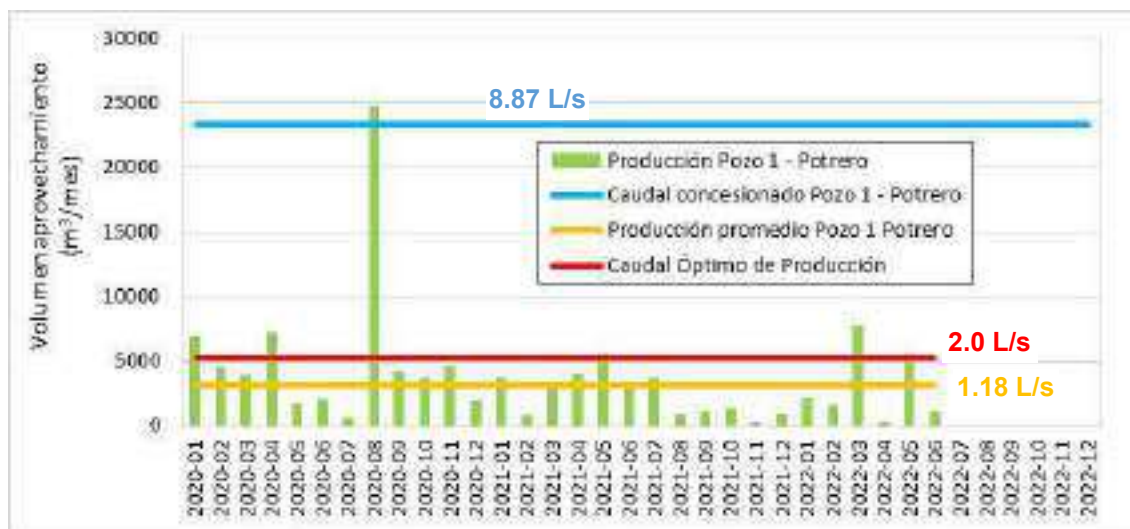


Figura 88: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo 1 de la ASADA de Potrero. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.

Por lo cual, a partir de la información aportada en el gráfico de la Figura 88, el análisis realizado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, el comportamiento de la conductividad eléctrica del agua en el pozo MTP – 354 de SIMASTIR, y de la cercanía del pozo con la línea de costa, se determina que el caudal de extracción óptimo a ser utilizado por este pozo es de

2 L/s.

9.2. Subcuenca Cacao

A partir del análisis realizado con los informes de la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, el Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico, se ubica en la Subcuenca Cacao (Figura 87), el cual cuenta con un caudal concesionado de 0.5 L/s (SINIGIRH, 2022).

Del registro de producción mensual por pozos, aportado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos (Anexo 5), se obtiene que el Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico, registra una producción mensual variable, entre 855 m³ (Junio, 2020) a 3794 m³ (Marzo, 2022), como se muestra en el gráfico de la Figura 89.

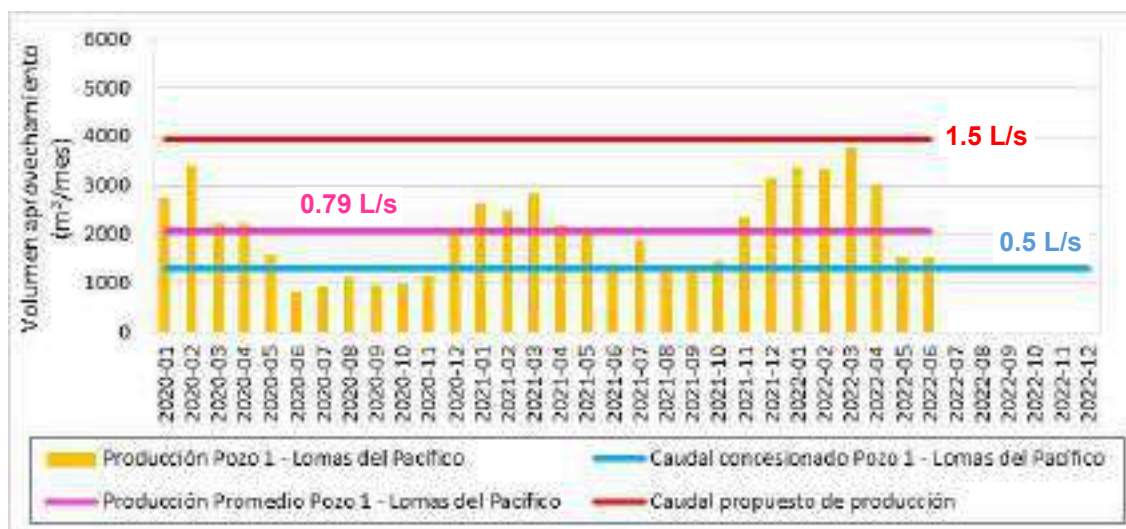


Figura 89: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.

Como se observa en la Figura 89, para los tres últimos años (2020 a 2022) el régimen de bombeo del Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico, registra aumentos de producción entre los meses de enero a marzo de cada año, alcanzando volúmenes de producción de 2851 m³ (1.08 L/s) a 3794 m³ (1.44 L/s).

De acuerdo con el registro de producción (Figura 89), el Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico muestra un promedio de producción mensual de 2065 m³ (0.79 L/s).

Para valorar las condiciones de extracción que se presentan en este pozo, se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. El caudal aprovechable definido para la Subcuenca Cacao en el Cuadro 21 “Caudal disponible en la subcuenca Cacao”, el cual es de 52.02 L/s para el año de referencia del 2021.
2. A partir de la Tabla 21 “Profundidad de la interface en Playa Potrero”, del estudio del informe Técnico del SENARA (2012), para el caso de análisis del pozo ASADA Potrero 1, el cual se encuentra a una distancia de 950 m de la línea de costa, la profundidad a la que se encuentra esta interface agua dulce-agua salada es mayor a los 140 m.

Por lo cual, considerando que el Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico, ha mantenido en el periodo de enero a marzo del 2022, una extracción cercana o superior a 1.5 L/s, y que la misma se encuentra incluida en el cálculo de la recarga del acuífero según la metodología de hidrograma de pozos, y basado en el análisis realizado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos. Además desde el punto de vista hidrogeológico, se analizó la distancia a la que se ubica este pozo con respecto a la línea de costa, y a partir de ambas valoraciones, se recomienda un caudal de extracción de 1.5 L/s.

Considerando el “Informe de capacidad hídrica de los operadores en los acuíferos costeros de Santa Cruz” de la UEN, se tendría un caudal para el Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico de 1.5 L/s, y se propone una perforación adicional dentro de la Subcuenca Cusuca, con una extracción de un caudal no mayor de 1.5 L/s, la cual deberá ser sustentada con los estudios técnicos hidrogeológicos para la ubicación del sitio de perforación en esta subcuenca.

De esta forma, a partir del análisis realizado, para la ASADA Lomas del Pacífico, se define:

Cuadro 74: Propuesta de caudales de aprovechamiento del sistema ASADA Lomas del Pacífico.

Fuente	Subcuenca	Caudal propuesto en el estudio (L/s)
Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico	Cacao	1.5
Acueducto Costero de Santa Cruz		(No tiene aportes)
Propuesta de pozo para perforar	Cacao	1.5
	Total:	3.0

9.3. Subcuenca Guapes

A partir del análisis realizado con los informes de la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, el Pozo 2 de la ASADA Potrero, se ubica en la Subcuenca Guapes (Figura 87), el cual cuenta con un caudal concesionado de 2.85 L/s (SINIGIRH, 2022).

Del registro de producción mensual por pozos, aportado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos (Anexo 5), se obtiene que el Pozo 2 de la ASADA Potrero, registra una producción mensual variable, entre 117 m³ (Noviembre, 2021) a 4256 m³ (Marzo, 2022), como se muestra en el gráfico de la Figura 90.

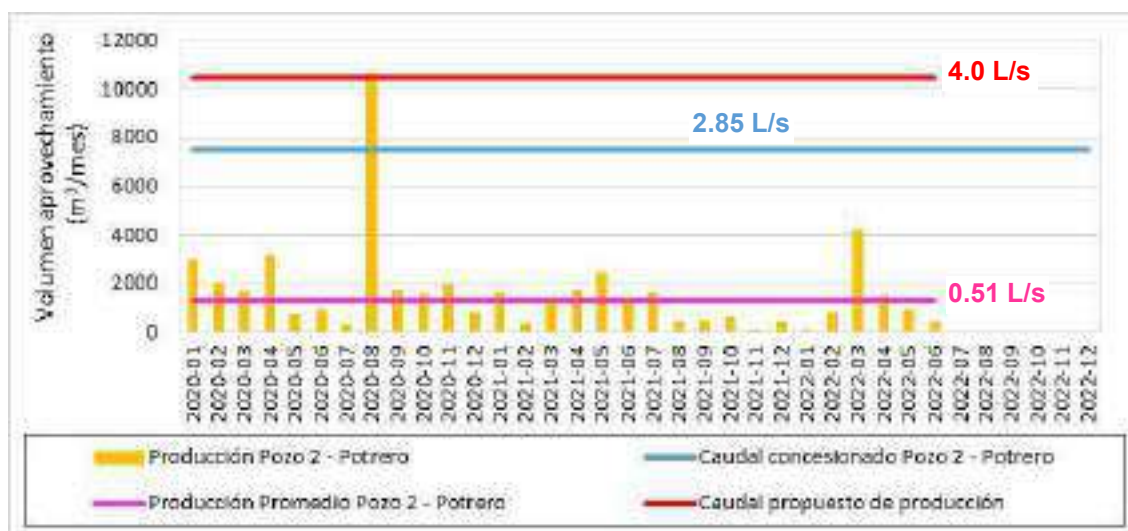


Figura 90: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo 2 de la ASADA de Potrero. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.

En el mes de agosto del 2020, la producción mensual en este pozo alcanzó los 10678 m³, donde a partir de la sesión de trabajo sostenida con personal de la UEN OS-SGSP, se determina este valor como un dato anómalo, ya que no se cuentan con más registros similares en la población de datos analizada.

De acuerdo con el registro de producción (Figura 90), el Pozo 2 de la ASADA de Potrero muestra un promedio de producción mensual de 1339.85 m³ (0.51 L/s). Para valorar las condiciones de extracción que se presentan en este pozo, se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. El caudal aprovechable definido para la Subcuenca Guapes en el Cuadro 25 “Caudal disponible en la subcuenca Guapes”, el cual es de 16.32 L/s para el año de referencia del 2021.
2. A partir de la Tabla 21 “Profundidad de la interface en Playa Potrero”, del estudio del informe Técnico del SENARA (2012), para el caso de análisis del pozo ASADA Potrero 2, el cual se encuentra a una distancia de 1110 m de la línea de costa, la profundidad a la que se encuentra la interface agua dulce-agua salada es mayor a los 140 m.
3. Según el registro de los análisis de muestreos de calidad para los pozos de este sistema, se tiene que las conductividades eléctricas del agua presentan valores que oscilan entre los 518 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (año 2018) - 406 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (año 2021) para el periodo de medición entre los años del 2018 al 2022.

Por lo cual, considerando el caudal disponible para esta cuenca, el análisis realizado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos y la distancia a la que se ubica el pozo 2 de la ASADA Potrero con respecto a la línea de costa (1110 m), se define que el aumento de caudal propuesto para la operación deberá estar sustentado mediante una prueba de bombeo por etapas a caudal variable durante 4 horas, y posteriormente una prueba a caudal constante con 72 horas de duración, además de un análisis de calidad físico-químico al finalizar las 72 horas de bombeo, para asegurar una solicitud de aumento en el caudal de concesión de este pozo de 4 L/s, ante la Dirección de Aguas del MINAE.

9.4. Subcuenca Cucaracha

En la Subcuenca Cucaracha, se ubican 3 operadores (Figura 87) del servicio de acueductos: ASADA de Surfside, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y la ASADA de Playa Potrero.

En los párrafos siguientes, se realiza el análisis de la producción para cada operador.

9.4.1. ASADA Surfside

Según se observa en el mapa de la Figura 87, en esta subcuenca se encuentran los siguientes aprovechamientos de la ASADA Surfside:

- Pozo 1 de la ASADA Surfside: no cuenta con un caudal inscrito ante la Dirección de Agua (SINIGIRH, 2022). Para este pozo, SAGA (2022) indica que se han realizado gestiones ante la citada Dirección, para la inscripción de un caudal de 5.9 L/s.
- Pozo 2 de la ASADA Surfside: no cuenta con un caudal inscrito ante la Dirección de Agua (SINIGIRH, 2022). Para este pozo, SAGA (2022) indica que se han realizado gestiones ante la citada Dirección, para la inscripción de un caudal de 6.0 L/s.

Según indica la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, las características del sistema de la ASADA de Surfside, solo permiten registrar la producción del sistema en el punto de salida del caudal hacia la red, por lo que se cuenta con información de la producción total mensual de este sistema.

Los resultados obtenidos por la UEN OS-SGSP, muestran que este sistema registra una producción mensual variable, entre 10338 m³ (Junio, 2022) a 39717 m³ (Marzo, 2022) (Figura 91), donde en los tres últimos años (2020 a 2022), el sistema de la ASADA Surfside registra aumentos de producción entre los meses de diciembre a marzo de cada año, alcanzando volúmenes de producción de 31102 m³ (11.83 L/s) a 39717 m³ (15.11 L/s).

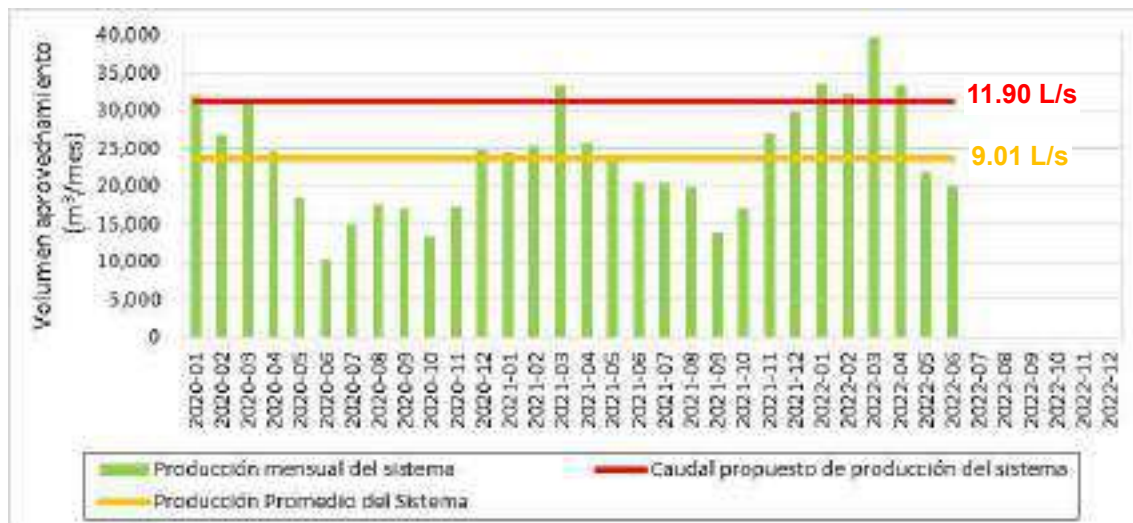


Figura 91: Gráfico producción mensual vs. tiempo del sistema de la ASADA Surfside. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.

De acuerdo con el registro de producción (Figura 91), el promedio de extracción del sistema de la ASADA Surfside, es de 23671.83 m³ (9.01 L/s).

Para valorar las condiciones de extracción que se presentan en este pozo, se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. El caudal aprovechable definido para la Subcuenca Cucaracha en el Cuadro 29 “Caudal disponible en la subcuenca Guapes”, el cual es de 26.3 L/s para el año de referencia del 2021.
2. A partir de la Tabla 21 “Profundidad de la interface en Playa Potrero”, del estudio del informe Técnico del SENARA (2012), para el caso de análisis del pozo ASADA Surfside 1, el cual se encuentra a una distancia de 860 m de la línea de costa, mientras que el pozo ASADA Surfside 2 se encuentra a una distancia de 880 m de la línea de costa, por lo que la profundidad a la que se encuentra la interface agua dulce-agua salada es mayor a los 140 m.
3. La separación entre el pozo Surfside 1 y el pozo Surfside 2 es de 50 m.
4. La extracción que se registra en este sistema se encuentra reflejada en el cálculo de la recarga según la metodología de hidrograma de pozos, por lo que este caudal de producción no significa un aumento en las extracciones del acuífero.
5. Según el registro de los análisis de muestreos de calidad para los pozos de este sistema, se tiene que las conductividades eléctricas del agua presentan valores que oscilan entre los 435 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (año 2018) – 370 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (año 2022) para el periodo de medición entre los años del 2018 al 2022.

Por lo cual, considerando que la extracción de los Pozos ASADA Surfside 1 y ASADA Surfside 2, ya se encuentra incluida en el cálculo de la recarga del acuífero según la metodología de hidrograma de pozos y basado en el análisis realizado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos y la distancia a la que se ubican estos pozos con respecto a la línea de costa (más de 860 m), se recomienda que el caudal propuesto total de 11.9 L/s (Pozo 1, 5.9 L/s y Pozo 2, 6 L/s) sea concesionado para esta ASADA.

De esta forma, una vez analizado el sistema de la ASADA Surfside, se define:

Cuadro 75: Propuesta de caudales de aprovechamiento del sistema ASADA Surfside.

Fuente	Subcuenca	Caudal propuesto en el estudio (L/s)
Pozo 1 de la ASADA Surfside	Cucaracha	5.9
Pozo 2 de la ASADA Surfside		6.0
Acueducto Costero de Santa Cruz		7.0
Total:		18.9

9.4.2. Sistema Flamingo-Pozo AyA Potrero 1

A partir del análisis realizado con los informes de la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, el Pozo AyA Potrero 1 registra un caudal concesionado de 5.6 L/s (SINIGIRH, 2022). La producción del pozo varió entre 997 m³ (Abril, 2020) y 24909 m³ (Mayo, 2021) (Figura 92).

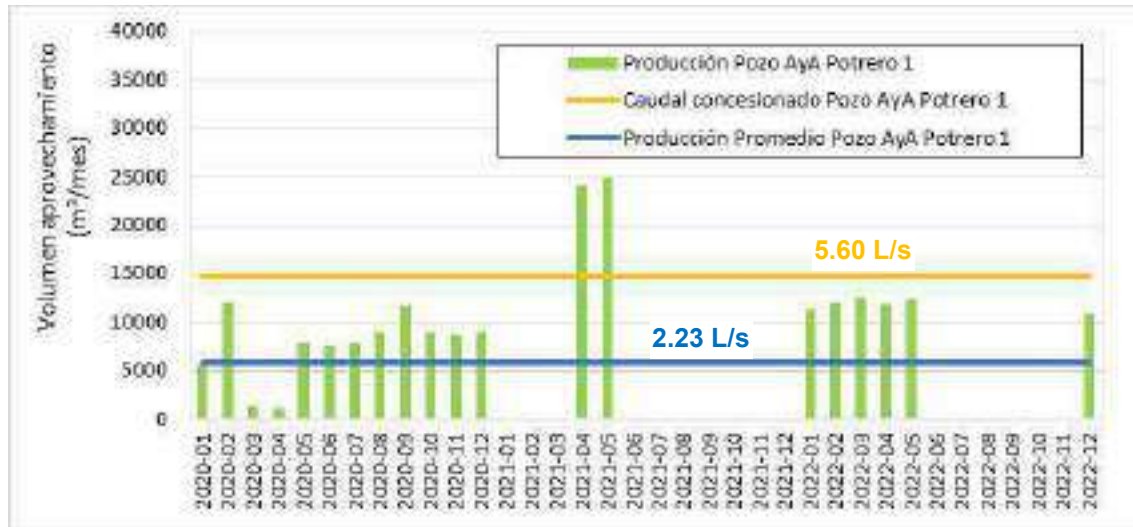


Figura 92: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo AyA Potrero 1. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.

Del registro de producción mensual por pozos, aportado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos (Anexo 5), se obtiene que el Pozo AyA Potrero 1, presenta una producción promedio de 5861.02 m³ (2.23 L/s). El registro de producción de este pozo se observa en la Figura 92.

Para valorar las condiciones de extracción que se presentan en este pozo, se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. El caudal aprovechable definido para la Subcuenca Cucaracha en el Cuadro 29 “Caudal disponible en la subcuenca Cucaracha”, el cual es de 26.3 L/s para el año de referencia del 2021.
2. A partir de la Tabla 21 “Profundidad de la interface en Playa Potrero”, del estudio del informe Técnico del SENARA (2012), para el caso de análisis del pozo ASADA Potrero 1, el cual se encuentra a una distancia de 930 m de la línea de costa, la profundidad a la que se encuentra la interface agua dulce-agua salada es mayor a los 140 m.

Por lo cual, considerando el caudal disponible para esta cuenca, el análisis realizado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas

Periféricos, y la distancia a la que se ubica el pozo AyA Potrero 1 con respecto a la línea de costa (930 m), se define que se mantenga el caudal concesionado de 5.6 L/s.

9.4.3. Sistema Flamingo Pozo AyA Potrero 2

A partir del análisis realizado con los informes de UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, el Pozo AyA Potrero 2, registra una producción mensual variable, entre 2157 m³ (Abril, 2020) a 36560 m³ (Junio, 2021) (Figura 93).

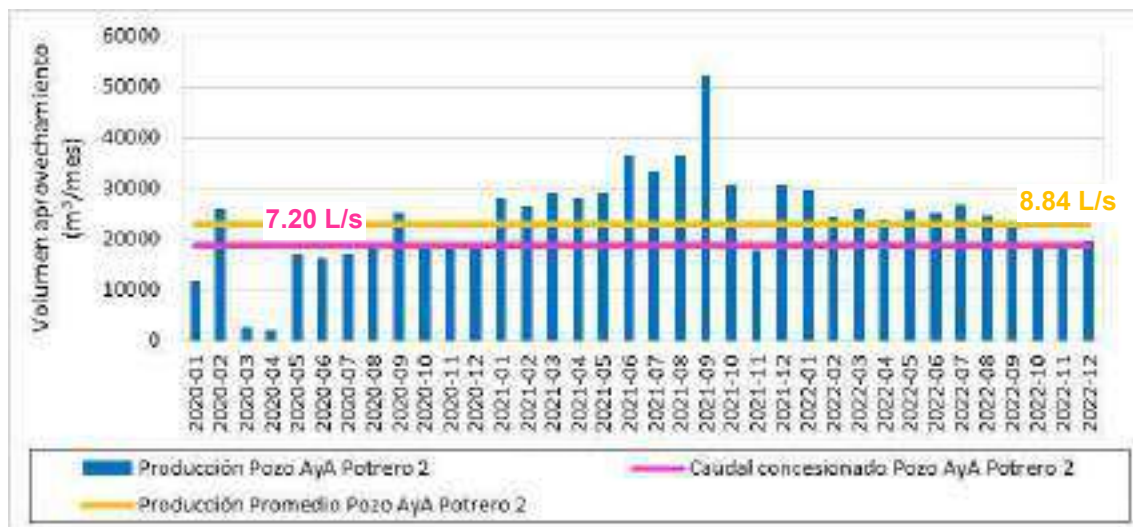


Figura 93: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo AyA Potrero 2. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.

En el mes de setiembre del 2021, la producción mensual en este pozo alcanzó los 52272 m³, donde a partir de la sesión de trabajo sostenida con personal de la UEN OS-SGSP, se determina este valor se considera anómalo, ya que no se cuentan con más registros similares en la población de datos analizada.

Del registro de producción mensual por pozos, aportado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos (Anexo 5), el promedio de producción mensual del Pozo AyA Potrero 2, es de 23227.67 m³ (8.84 L/s).

De acuerdo con el registro de producción (Figura 93), el Pozo AyA Potrero 2 muestra un promedio de producción mensual de 23227.67 m³ (8.84 L/s). Para valorar las condiciones de extracción que se presentan en este pozo, se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. El caudal aprovechable definido para la Subcuenca Cucaracha en el Cuadro 29 “Caudal disponible en la subcuenca Cucaracha”, el cual es de 26.3 L/s para el año de referencia del 2021.
2. A partir de la Tabla 21 “Profundidad de la interface en Playa Potrero”, del estudio del informe Técnico del SENARA (2012), para el caso de análisis del Pozo AyA Potrero 2, el cual se encuentra a una distancia de 930 m de la línea de costa, la profundidad a la que se encuentra la interface agua dulce-agua salada es mayor a los 140 m.
3. Según el registro de los análisis de muestreos de calidad para el Pozo AyA Potrero 2, se tiene que las conductividades eléctricas del agua presentan valores que oscilan entre los 437 $\mu\text{S/cm}$ (2018) – 372 $\mu\text{S/cm}$ (2022) para el periodo de medición entre los años del 2018 al 2022.

Por lo cual, considerando el caudal disponible para esta cuenca, el análisis realizado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, los análisis de calidad de agua del pozo y la distancia a la que se ubica el pozo AyA Potrero 1 con respecto a la línea de costa (930 m), se define que se mantenga el caudal concesionado de 7.2 L/s.

Con el fin de cubrir la demanda definida para el sistema CH-A-11 Flamingo AyA por la UEN Optimización Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, en el informe “*Informe de capacidad hídrica de los operadores en los acuíferos costeros de Santa Cruz*”, se recomienda a la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos:

- ✓ Perforación de un pozo de exploración - producción (con un caudal de extracción propuesto no mayor a 4.0 L/s) en la Subcuenca Cacao, la cual debe ser sustentada con los estudios técnicos hidrogeológicos para la ubicación de este sitio de perforación.
- ✓ Valorar como opción el acuífero de la cuenca del río Cañas, el cual cuenta con el estudio hidrogeológico “*Análisis del potencial hídrico subterráneo de la cuenca hidrográfica del Río Cañas*”, elaborado por el Geól. Mauricio Zúñiga, en el marco de cooperación AyA – UCR, y la ubicación de sitios de perforación, donde se propone un caudal mínimo de 10.6 L/s para alcanzar la demanda propuesta para este sistema.

Cuadro 76: Propuesta de caudales de aprovechamiento del sistema Flamingo AyA.

Fuente	Subcuenca	Caudal propuesto en el estudio (L/s)
Pozo AyA Potrero 1	Cucaracha	5.6
Pozo AyA Potrero 2		7.2
Acueducto Costero de Santa Cruz		(No tiene aportes)
Propuesta de pozo para perforar	Cacao	4
Propuesta aprovechamiento acuífero Río Cañas	Río Cañas	10.6
Total:		16.8

9.4.4. Pozo Potrero 3 de la ASADA Potrero

A partir del análisis realizado con los informes de UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, el Pozo Potrero 3 de la ASADA Potrero, registra una producción mensual variable, entre 448 m³ (noviembre, 2021) a 11967 m³ (abril, 2020) (Figura 94).

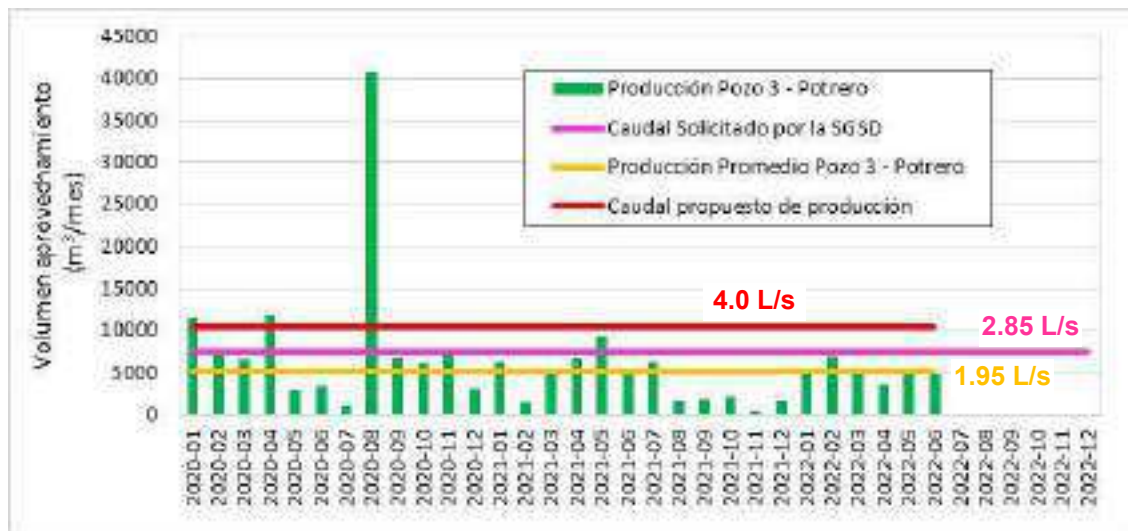


Figura 94: Gráfico producción mensual vs. tiempo del Pozo 3 de la ASADA Potrero. Información aportada por la UEN Optimización de Sistemas – SGSP.

En el mes de agosto del 2020, la producción mensual en este pozo alcanzó los 40855 m³, donde a partir de la sesión de trabajo sostenida con personal de la UEN OS-SGSP, se determina este valor se considera anómalo, ya que no se cuentan con más registros similares en la población de datos analizada.

Del registro de producción mensual por pozos, aportado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos (Anexo 5), el promedio de producción mensual del Pozo Potrero 3 de la ASADA Potrero, es de 5126.44 m³ (1.95 L/s).

Para valorar las condiciones de extracción que se presentan en este pozo, se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. El caudal aprovechable definido para la Subcuenca Cucaracha en el Cuadro 29 “Caudal disponible en la subcuenca Cucaracha”, el cual es de 26.3 L/s para el año de referencia del 2021.
2. A partir de la Tabla 21 “Profundidad de la interface en Playa Potrero”, del estudio del informe Técnico del SENARA (2012), para el caso de análisis del pozo ASADA Potrero 2, el cual se encuentra a una distancia de 1400 m de la línea de costa, la profundidad a la que se encuentra la interface agua dulce-agua salada es mayor a los 140 m.
3. Según el registro de los análisis de muestreos de calidad para este pozo, se tiene que las conductividades eléctricas del agua presentan valores que oscilan entre los 480 $\mu\text{S/cm}$ (año 2018) - 331 $\mu\text{S/cm}$ (año 2022) –para el periodo de medición entre los años del 2018 al 2022.

Por lo cual, considerando el caudal disponible para esta cuenca, el análisis realizado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, los análisis de calidad de agua del pozo y la distancia a la que se ubica el Pozo Potrero 3 de la ASADA Potrero con respecto a la línea de costa (1400 m), se define que el caudal propuesto para la operación deberá estar sustentado mediante una prueba de bombeo por etapas a caudal variable durante 4 horas, y posteriormente una prueba a caudal constante con 72 horas de duración, además de un análisis de calidad físico-químico al finalizar las 72 horas de bombeo, para asegura una solicitud de inscripción del caudal de concesión de este pozo de 5 L/s, ante la Dirección de Aguas del MINAE.

Considerando el “Informe de capacidad hídrica de los operadores en los acuíferos costeros de Santa Cruz” de la UEN, se tendría un caudal de concesión de 5.0 L/s, y se propone una perforación adicional, con los estudios técnicos hidrogeológicos correspondientes, que sustenten la ubicación de un sitio de perforación dentro de la Subcuenca Cusuca, con una extracción de un caudal no mayor a 3.0 L/s.

De esta forma, una vez analizado los tres pozos de la ASADA Playa Potrero, se define:

Cuadro 77: Propuesta de caudales de aprovechamiento del sistema ASADA Playa Potrero.

Fuente	Subcuenca	Caudal propuesto en el estudio (L/s)
Pozo 1 de la ASADA de Potrero	Pilas	2.0
Pozo 2 de la ASADA de Potrero	Guapes	4.0
Pozo 3 de la ASADA de Potrero	Cucaracha	5.0
Propuesta de pozo para perforar	Cusuca	3.0
Acueducto Costero de Santa Cruz		6.0
Total:		20.0

10. Conclusiones

- 1) El área de estudio está conformada por un medio geológico heterogéneo, con un basamento de origen volcánico, conformado por lavas basálticas del Complejo de Nicoya. Estas rocas están siendo cortadas por los gabros del Intrusivo Potrero, mientras que en las planicies se encuentra la secuencia sedimentaria conformada por capas de aluviones recientes.
- 2) La estación lluviosa en la zona de estudio se manifiesta desde el mes de abril, hasta el mes de noviembre. Así la estación seca ocurre entre los meses de diciembre hasta marzo. La estación meteorológica ubicada dentro del área de estudio, denominada Estación Potrero (SENARA), registra una precipitación promedio anual igual a 2135.91 mm.
- 3) Dentro de la zona de estudio se reconocen dos unidades hidrogeológicas:
 - a. La unidad de los depósitos aluvionales, la cual se clasifica como un acuífero libre, donde la profundidad del nivel freático se encuentra entre los 0,1 m y los 12 m de profundidad, con un gradiente hidráulico de 0,006, un espesor saturado que varía entre los 2 m y los 19 m y un rendimiento específico de 0,08.
 - b. La segunda unidad hidrogeológica corresponde al Intrusivo Potrero, el cual se considera como un acuífero libre fracturado, con una profundidad del nivel freático que varía de los 3 m a los 47 m de profundidad. El gradiente hidráulico de este acuífero es de 0,04, con un espesor saturado entre los 10 m y los 41 m y un rendimiento específico de 0,15.
- 4) Mediante la Metodología de Recarga por Hidrograma de Pozos, se determinó la variación del nivel de agua subterránea de los acuíferos presentes, para los años del 2011 al 2021:
 - a. Para el acuífero aluvial (Grupo A), la variación en los niveles se encontró entre los 1.5 m y los 12.26 m.
 - b. La variación en el acuífero del Intrusivo Potrero (Grupo B), estuvo entre los 1.1 m a los 9.4 m.
- 5) Para el acuífero aluvial, entre los años del 2011 al 2021, se determinó una recarga que varió de los 172.29 l/s (año 2021), hasta los 278.25 l/s (2020). Mientras que para el acuífero Intrusivo de Potrero las recargas calculadas fueron entre los 104.44 l/s (año 2021) hasta los 333.10 l/s (2019) (Cuadro 12).

Cuadro 12: Volumen de recarga en los acuíferos por año en l/s.

Grupo	Acuífero	Volumen de recarga por año (l/s)					
		2011	2017	2018	2019	2020	2021
A	Depósito Aluvial	186.35	275.12	235.55	235.01	278.25	172.29
B	Complejo de Nicoya	214.61	176.55	203.08	333.10	232.75	104.44
	Volumen total de recarga	400.96	451.67	438.63	568.11	511.00	276.73

- 6) A partir del análisis de la recarga calculada mediante la metodología de recarga por hidrograma de pozo para el acuífero Potrero, se determina que el año más conservador de la serie analizada (2011-2021) corresponde con el año 2021, por lo que este año se utilizó como referencia para trabajar la disponibilidad del acuífero, en procura de la protección del recurso hídrico.

El acuífero Potrero, para el año 2021, mostró un caudal aprovechable de 110.69 l/s, el cual equivale al 40 % de la recarga calculada para este acuífero.

- 7) A partir de las muestras analizadas por el Laboratorio Nacional de Aguas, desde el punto de vista hidrogeoquímico, se indica lo siguiente:
- Mediante el diagrama Piper, se indica que todas las muestras se clasifican como Bicarbonatadas cálcicas, y no se evidencian mezclas de agua o procesos de intercambio iónico.
 - A partir del análisis e interpretación de las muestras de agua mediante el diagrama Stiff, se determina que el principal anión que presenta variación es el Bicarbonato (HCO_3). Por su parte, los cationes Mg, Ca y K, se mantienen constantes, así como los aniones Cl y SO_4 .
 - Las muestras de agua analizadas (campañas de muestreo del 2012, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022), no sobrepasan el límite de concentración de sólidos totales disueltos (STD). El rango de la conductividad eléctrica oscila entre 331 $\mu\text{S/cm}$ y 625 $\mu\text{S/cm}$.
 - A partir del análisis del comportamiento de la conductividad en relación con la precipitación, se puede indicar que existe una relación inversamente proporcional entre ambos, donde, a mayor precipitación menor conductividad.
 - A partir de las certificaciones de calidad emitidas por el Laboratorio Nacional de Aguas, desde el 2012 hasta el 2022, el acuífero Potrero ha permanecido estable, y no se han registrado o identificado indicios que evidencien contaminación por procesos de intrusión salina.

- 8) A partir del levantamiento de información de campo y del análisis histórico de fotografías aéreas para la delimitación de los usos de la tierra dentro del acuífero de Potrero, se concluye lo siguiente:
- a. El bosque es el uso que presenta mayor cobertura dentro del acuífero, correspondiendo al 69.3% de la superficie para el año 2013. Para el año 2022, este uso ha experimentado una disminución, cubriendo un 63.6% del área de estudio.
 - b. Los pastos, a su vez también han presentado variaciones en el periodo analizado, siendo en el 2013 un 26.6% y posteriormente en el año 2022 estos, representaban un 30.5%. Este aumento de pastos, está relacionado con el cambio de uso, de bosques a pastos.
 - c. En cuanto al uso urbano las subcuencas que contienen las mayores coberturas de este uso históricamente, han sido las subcuencas Brasilar, Cucaracha y Pilas, las cuales han experimentado un leve incremento, pasando del 4% en el 2013 al 5.8% para el año 2022.
- 9) En la base de datos SINIGIRH (MINAE), existen 105 concesiones en el Acuífero Playa Potrero, las cuales, están contempladas en el cálculo de la recarga del acuífero Potrero, a partir del método de hidrogramas, el cual se basa en el análisis de la respuesta del acuífero ante la recarga recibida y las extracciones (bombeo o descargas naturales).
- 10) A partir de la validación realizada en el campo, de los 19 registros de fuentes de agua a nombre de entes operadores de acueductos, ubicados dentro del Acuífero Potrero e inscritos en SINIGIRH (2022), se determinó lo siguiente (Cuadro 72):
- a. 8 pozos requieren rectificar las coordenadas en el expediente ante la Dirección de Aguas del MINAE.
 - b. 9 pozos corresponden a ubicaciones no existentes en el campo, por lo que se deberá realizar su desinscripción.
 - c. 2 pozos corresponden a registros duplicados, para los cuales, también se deberá realizar su desinscripción.

11) A partir de la información recopilada en el informe denominado “Informe de caracterización y aprovechamiento de los acuíferos costeros de Santa Cruz” y del “Informe de capacidad hídrica de los operadores en los acuíferos costeros de Santa Cruz”, ambos realizados por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia de Sistemas Periféricos y el análisis hidrogeológico realizado del acuífero Potrero, por parte de la UEN Gestión Ambiental, se recomienda a la Dirección de Agua del MINAE como ente competente en las solicitudes de concesión de aprovechamientos de agua, lo siguiente:

a) ASADA Playa Potrero

- En la Subcuenca Pilas, se ubica el Pozo 1 de la ASADA de Potrero, el cual cuenta con un caudal concesionado de 8.87 L/s, y su producción promedio mensual es de 1.18 L/s. Se localiza a una distancia de 300 m de la línea de costa, donde la profundidad de la interface agua dulce – agua salada corresponde a 94 m; la conductividad eléctrica del agua varía entre los 472 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (año 2018) - 421 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (año 2022). A partir de estas consideraciones, se determina que el caudal de extracción óptimo, según las valoraciones hidrogeológicas para este pozo, es de 2 L/s.
- En la Subcuenca Guapes, se ubica el Pozo 2 de la ASADA de Potrero, el cual cuenta con un caudal concesionado de 2.85 L/s, y su producción promedio mensual es de 0.51 L/s. Se localiza a una distancia de 1110 m de la línea de costa, donde la profundidad de la interface agua dulce – agua salada es mayor a los 140 m; la conductividad eléctrica del agua varía entre los 518 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (año 2018) - 406 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (año 2021) –. A partir de estas consideraciones, se determina que el caudal de extracción propuesto, según las valoraciones hidrogeológicas para este pozo, es de 4 L/s.

El aumento de caudal propuesto para el Pozo 2 de la ASADA de Potrero, deberá sustentarse técnicamente, mediante una prueba de bombeo por etapas a caudal variable durante 4 horas, y posteriormente una prueba a caudal constante con 72 horas de duración, y al finalizar la misma, un análisis de calidad físico-químico y bacteriológico.

- En la subcuenca Cucaracha, se ubica el Pozo 3 de la ASADA de Potrero, el cual no cuenta con un caudal concesionado en la Dirección de Aguas del MINAE a la fecha de elaboración del presente informe. La producción promedio mensual de este pozo es de 1.95 L/s. Se localiza a 1400 m de la línea de costa, donde la profundidad de la interface agua dulce – agua

salada es mayor a los 140 m. La conductividad eléctrica del agua varía entre 480 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (año 2018) - 331 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2022).

A partir de estas consideraciones, se determina que el caudal de extracción propuesto, según las valoraciones hidrogeológicas para este pozo, es de 5.0 L/s.

El aumento de caudal propuesto para el Pozo 3 de la ASADA de Potrero, deberá sustentarse técnicamente, mediante una prueba de bombeo por etapas a caudal variable durante 4 horas, y posteriormente una prueba a caudal constante con 72 horas de duración y al finalizar la misma, un análisis de calidad físico-químico y bacteriológico.

Con el fin de cubrir la demanda definida para el sistema ASADA Playa Potrero por la UEN Optimización Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, en la Subcuenca Cusuca, se propone la perforación de un pozo de exploración - producción (con un caudal de extracción propuesto no mayor a 3.0 L/s), la cual debe ser sustentada con los estudios técnicos hidrogeológicos para la ubicación de un sitio de perforación.

b) ASADA Lomas del Pacífico

- En la Subcuenca Cacao, se encuentra el Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico, el cual cuenta con un caudal concesionado de 0.5 L/s y su producción promedio mensual es de 0.79 L/s. Se localiza a una distancia de 950 m de la línea de costa, donde la profundidad de la interface agua dulce – agua salada es mayor a los 140 m. A partir de estas consideraciones, se determina que el caudal de extracción propuesto para este pozo sea de 1.5 L/s, el cual se encuentra incluida en el cálculo de la recarga del acuífero según la metodología de hidrograma de pozos, y basado en el análisis realizado por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos.

Considerando el “Informe de capacidad hídrica de los operadores en los acuíferos costeros de Santa Cruz” de la UEN de Optimización de Sistemas de la Subgerencias Gestión Sistemas Periféricos, se tendría un caudal para el Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico de 1.5 L/s, se propone una perforación adicional dentro de la Subcuenca Cacao, con una extracción de un caudal no mayor de 1.5 L/s, la cual deberá ser sustentada

con los estudios técnicos hidrogeológicos para la ubicación de un sitio de perforación.

c) ASADA Surfside

- El Pozo 1 de la ASADA Surfside y el Pozo 2 de la ASADA Surfside, no cuentan con un caudal concesionado a la fecha de elaboración del presente informe. La producción promedio mensual del sistema, es de 9.01 L/s. Los pozos se localizan a más de 860 m de la línea de costa, donde la profundidad de la interface agua dulce – agua salada es mayor a los 140 m. La conductividad eléctrica del agua en este sistema, se ubica entre 435 $\mu\text{S/cm}$ (año 2018) – 370 $\mu\text{S/cm}$ (año 2022). A partir de estas consideraciones, se determina que el caudal de extracción propuesto para el Pozo 1 de la ASADA Surfside, es de 5.9 L/s y para el Pozo 2 de la ASADA Surfside, es de 6.0 L/s.

Para este sistema, no se requiere realizar la prueba de bombeo, ya que los pozos del sistema Surfside, estuvieron operando con un caudal de bombeo de 11,9 L/s, donde esta extracción está considerada en el cálculo de la recarga mediante el método de hidrogramas, el cual se basa en el análisis de la respuesta del acuífero ante la recarga recibida y las extracciones (bombeo o descargas naturales).

d) CH-A-11 Flamingo AyA

- El Sistema Flamingo AyA, cuenta con un caudal concesionado de 12.8 L/s (5.6 L/s para el Pozo AyA Potrero 1 y 7.2 L/s para el Pozo AyA Potrero 2). La producción promedio mensual del sistema es de, 2.23 L/s para el Pozo AyA Potrero 1 y 8.84 L/s para el Pozo AyA Potrero 2. Los pozos se localizan a más de 930 m de la línea de costa, donde la profundidad de la interface agua dulce – agua salada, es mayor a los 140 m. La conductividad eléctrica del agua en este sistema, se ubica entre 437 $\mu\text{S/cm}$ (2018) – 372 $\mu\text{S/cm}$ (2022). A partir de estas consideraciones, se define que se mantenga el caudal concesionado para estos pozos.

Con el fin de cubrir la demanda definida para el sistema CH-A-11 Flamingo AyA por la UEN Optimización Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos, en el informe *“Informe de capacidad hídrica de los operadores en los acuíferos costeros de Santa Cruz”*, se recomienda a la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos:

- ✓ Perforación de un pozo de exploración - producción (con un caudal de extracción propuesto no mayor a 4.0 L/s) en la Subcuenca Cacao, la cual debe ser sustentada con los estudios técnicos hidrogeológicos para la ubicación de este sitio de perforación.
- ✓ Valorar como opción el acuífero de la cuenca del río Cañas, el cual cuenta con el estudio hidrogeológico "*Análisis del potencial hídrico subterráneo de la cuenca hidrográfica del Río Cañas*", elaborado por el Geól. Mauricio Zúñiga, en el marco de cooperación AyA – UCR, y la ubicación de sitios de perforación, donde se propone un caudal mínimo de 10.6 L/s para alcanzar la demanda propuesta para este sistema.

12) A partir del análisis realizado en el presente informe, en el Cuadro 78, se detallan los caudales de producción propuestos para las fuentes de cada sistema en el Acuífero Potrero, así como la propuesta de otras fuentes de abastecimiento para alcanzar la demanda definida para cada sistema, por la UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos.

Este análisis consideró las condiciones hidrogeológicas del acuífero como son: la recarga de cada una de las subcuencas en las que se ubican cada uno de los pozos de abastecimiento poblacional, el análisis hidrogeoquímico de los pozos monitoreadas por parte del CTI – Agua Subterránea, los criterios de certificación de los análisis de calidad emitidos por el Laboratorio Nacional de Aguas, distancia a la línea de costa, profundidad de la interface agua dulce – agua salada (análisis de intrusión salina), los criterios de uso del suelo, los registros de concesiones de la Dirección de Agua – MINAE y verificaciones de campo.

13) Considerando el análisis técnico realizado en el presente estudio, se recomienda a la Comisión Técnica Interinstitucional para la Gestión del Agua Subterránea (CTI – Agua Subterránea), acoger las recomendaciones planteadas en el Cuadro 78, y a partir de ellas, no autorizar más permisos de perforación (nuevas concesiones), o el aumento de caudales de concesiones existentes, en las Subcuencas, Pilas, Cacao, Guapes, Cucaracha, Cusuca y Brasiliar, que conforman el Acuífero Potrero.

Cuadro 78: Caudales de producción propuestos y otras fuentes de abastecimiento por sistema.

Sistema	Fuente	Subcuenca	Caudal concesionado DA-MINAE (L/s)	Caudal aforo puntual UEN-OS-SGSP (L/s)	Caudal promedio de operación (L/s)	Caudal propuesto en este informe (L/s)	Caudal total propuesto por Sistema(L/s)	Horizonte de la demanda
ASADA Playa Potrero	Pozo 1 de la ASADA de Potrero	Pilas	8.87	10.9	1.18	2.0	20.0	2028
	Pozo 2 de la ASADA de Potrero	Guapes	2.85	4.1	0.51	4.0		
	Pozo 3 de la ASADA de Potrero	Cucaracha	No tiene caudal asignado	7.98	1.95	5.0		
	Propuesta de pozo para perforar	Cusuca				3.0		
	Acueducto Costero de Santa Cruz*					6.0		
ASADA Lomas del Pacífico	Pozo 1 de la ASADA Lomas del Pacífico	Cacao	0.5	1.85	0.79	1.5	3.0	2033
	Propuesta de pozo para perforar					1.5		
	Acueducto Costero de Santa Cruz*					(No tiene aportes)		
ASADA Surfside	Pozo 1 de la ASADA Surfside	Cucaracha	No tiene caudal asignado	16	9.01	5.9	18.9	2029
	Pozo 2 de la ASADA Surfside		No tiene caudal asignado	7		6.0		
	Acueducto Costero de Santa Cruz*					7.0		
Flamingo AyA	Pozo AyA Potrero 1	Cucaracha	5.6	3.7	2.23	5.6	27.4	2028
	Pozo AyA Potrero 2		7.2	8.6	8.84	7.2		
	Acueducto Costero de Santa Cruz*					(No tiene aportes)		
	Propuesta de pozo para perforar	Cacao				4		
	Propuesta aprovechamiento acuífero Río Cañas					10.6		

*Fuente de información: UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos.

11. Bibliografía / Referencias

- AYA, 2022: Informe de caracterización y aprovechamiento de los acuíferos costeros de Santa Cruz. – 111 pp. UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia de Sistemas Periféricos. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica. [Informe técnico]
- AYA, 2022: Informe de capacidad hídrica de los operadores en los acuíferos costeros de Santa Cruz. – 60 pp. UEN Optimización de Sistemas de la Subgerencia de Sistemas Periféricos. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica. [Informe técnico]
- CRITTENDEN R., 2012: MHWS Water treatment principles and design, Jhon Wiley & Sons. Inc.
- DENGO, G., 1962: Estudio Geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. - Informe Semestral IGN, 1962: 112 págs.
- DENYER, P. & ARIAS, O., 1991: Estratigrafía de la Región Central de Costa Rica. - Rev. Geol. Amér. Central, 12:1-59.
- DENYER, P. & ARIAS, O., 1993: Geología del Norte de la Península de Nicoya, Costa Rica. - Rev. Geol. Amér. Central, 16:69-84.
- DENYER, P., AGUILAR, T. & MONTERO, W., 2014: Cartografía geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica: estratigrafía y tectónica- 1 ed.- [San José], C.R.: Edit. UCR, 2014.- 202 págs.
- HEALY R. & COOK P., 2002: Using groundwater levels to estimate recharge. Hydrogeology Journal, 10:91–109.
- HOUNSLOW A. 1995: Water quality data: análisis and interpretation, Boca Ratón. CRC Press.
- JONES en BEER J., 1999: Seawater intrusions in coastal aquifers: concepts, methods and practices. Boston Mass: Kluwer Academic.
- KUIJPER, E. P. & DENYER, P., 1979: Volcanic exhalative manganese deposits of the Nicoya Ophiolite Complex, Costa Rica. - Econ. Geol., 74: 672-678.
- LAZO, A. & SOLÍS Y., 2019: Interpretación de Calidad de Agua para Casos con

- Potencial de Intrusión Salina. Tecnología en Marcha Vol 32 Especial. Laboratorio Nacional de Aguas.
- MOUJABBER M. SAMRA B., DARWISH T. & ATALLAH T., 2006: Comparison of different indicators for groundwater contamination by seawater Intrusion on the Lebanese Coast. Water Resources ManagementN°20, pp- 161-180.
- PONCE, V.M., 2007: Rendimiento sostenible del agua subterránea. - <http://rendimiento.sdsu.edu/> [Consulta: 29 de junio del 2022].
- SENARA, 2012: Estudio Hidrogeológico de los acuíferos de Playa Potrero y Playa Brasilito: Diagnóstico del potencial de explotación y rendimiento sostenible del acuífero. – 70 págs. Unidad de Investigación de la Dirección de Investigación y Gestión Hídrica. Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento. San José, Costa Rica. [Informe técnico interno]
- SINTON, C.W., DUNCAN, R.A. & DENYER, P., 1997: Nicoya Peninsula: A single suite of Caribbean oceanic plateau magmas. - Jour.Geophys. Research, 102(B7): 15507-15520.
- SPIEGEL, M. & STEPHENS, L., 1961: Schaum's outline of theory and problems of statistics. – 1 ed. – [New York] U.S.A. Edit. McGraw-Hill, 1961.- 371 págs.
- TOURNON, J., 1984: Magmatismes du Meozoique a l'actual en Amerique Centrale: L'exemple de Costa Rica, des ophiolites aux andesites. - 335 págs. Univ. Pierre et Marie Curie [Tesis Ph.D.].
- WILDBERG, H., 1984: Der Nicoya-Komplex Costa Rica, Zentralamerika: Magmatismus und Genese eines polygenetyschen Ophiolith-Komplexes. - Münster. Forsch. Geol. Paläont. 62: 1-123

Anexo 1: Minuta del CTI del 8 de mayo del 2012



Comité Técnico Interinstitucional

Minuta

Fecha: 8 de mayo del 2012 a las 8 horas 00 minutos

Asistentes: Viviana Ramos y Eduardo Lezama del Aya
Beinal Soto, y Roberto Ramírez del SENARA
José Miguel Zeledón y Andrea Barrastes de la Dirección de Agua, MIRAET

1. Acuíferos Potrero y Brasilito

Se analiza el estudio *Hidrogeológico de los acuíferos de Playa Potrero y Playa Brasilito, Diagnóstico del potencial de explotación y rendimiento sostenible del acuífero*, preparado por la Geóloga María Magdalena Monge Cordero de SENARA.

Mediante el método de hidrogramas de pozos, la recarga a los acuíferos es de 432,5 L/s en Potrero y 186,6 L/s en Brasilito. El rendimiento sostenible se estima a partir de la recarga obtenida mediante el hidrograma de pozos, y considerando un 40% de este caudal. Del cálculo realizado el caudal utilizable en los acuíferos es:

Acuífero	Potrero	Brasilito
Recarga	432,5 L/s	186,6 L/s
Caudal utilizable (40% de la recarga)	173 L/s	74,64 L/s

Se estima una extracción de 132,49 L/s en Potrero y 147,478 L/s en Brasilito. De esta estimación total, los caudales de pozos inscritos (Aya y ASADAS), con concesión otorgada, solicitudes nuevas en trámite, prorrogas en trámite, concesiones canceladas, solicitudes nuevas de registro de pozos sin número (annisila) inscritos en la base de datos de Dirección de Agua es de 70,58 L/s en Potrero y 98,72 L/s en Brasilito. Lo que significa que la diferencia se trata de un caudal actualmente utilizado (sin registrar) que deberá procederse con el debido proceso de regulación por parte de la Dirección de Aguas.

Los análisis físico químico realizados por el laboratorio Nacional de Aguas del Aya para establecer un control cruzado no evidencian intrusión salina en ninguno de los dos acuíferos. El análisis incluyó los pozos MTP-123 y MTP-125 (pozos 27 y 28 de la red de monitoreo) y otros en las cuencas de Potrero y Brasilito. En cuanto a calidad, se encontró que están por debajo de valores máximos permisibles. Los pozos MTP-123 y MTP-125 serán parte de la red de monitoreo de calidad.

Si bien no se manifiesta intrusión salina, a menos de 1 km de la costa se recomienda para solicitudes nuevas de perforación presentar un estudio de intrusión salina exhaustivo (mediante el método de Glover), y caudales pequeños. Se dará prioridad para uso en consumo humano.

Se recomienda regular el caudal extraído mediante la instalación de caudalímetros en todos los pozos ubicados en la zona de regulación (menos de 1 km de la costa).

1

Se recomienda regular el caudal extraído mediante la instalación de caudalímetros en todos los pozos ubicados en la zona de regulación (menos de 1 km de la costa).

Continuar con un monitoreo de pozos durante un período de al menos un año, para observar las fluctuaciones del niveles y el comportamiento de los acuíferos y la calidad.

Si bien la comisión conoce la existencia de los estudios:

- ARELLANO, F., PADILLA, A., SÁNCHEZ, F. & SUÁREZ, J.; 2011(a): Estudio Hidrogeológico Playa Petreño, Santa Cruz, Guanacaste. – 127 págs. Hidrogeotecnia Ltda., San José
- RODRÍGUEZ, H.; 2011: Hidrogeología de la Microcuenca de la Quebrada Brasilar. Proyecto Residencial Alegría, Cabo Velas, Santa Cruz, Guanacaste. – 19 págs. + mapas. Hidroestrato S.A., Palmares, Alajuela.

Estos estudios utilizados como fueron como información base de referencia, no así sus conclusiones.

Programación

Se programa reunión extraordinaria el jueves 17 de mayo a las 8:30 am en SENARA para discutir la implementación de monitoreo automático de pozos y acuíferos del Valle Central.

Se programa reunión ordinaria para el martes 12 de junio a las 8:00 am en la Dirección de Agua Tema: monitoreos concluidos en Playa Panamá, El Coco y Nimboyores.

Por AyA

Viviana Ramos

Eduardo Lezama

Por SENARA

Bernal Soto

Roberto Ramirez

Por MINAET

José Miguel Zeledón

Andrea Barrantes

Anexo 2: Niveles estáticos registrados en el Acuífero Potrero entre los años 2011-2021.

Número	Nombre	Año 2011											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2	Finca Los Laureles 1	15.05		17.06	18.14			12.88		11.54	10.84	11.75	12.62
5	Casa Ermida Peralda	6.66		7.52		8.58	8.71	5.11		4.39	3.03	5.03	5.43
6	Pozo ASADA Potrero 1												
7	Pozo ASADA Potrero 2	4.23			5.58	6.1		4.03		2.93	1.58	3.35	3.67
	Pozo ASADA Potrero 3												
9	Casa amarillenta Gerardo Huarte	3.66		4.62	5.24	5.8	5.93	3.74		1.91	0.69		
10	Casa blanca Ronald Morales	3.38		4.32	4.86	5.39	5.52	3.36		1.83	0.54	2.27	2.66
11	Casa Benito Moraga	2.58		2.89	3.26	3.61	3.64	2.34		2.22	1.89	2.39	2.47
12	Casa Rodrigo Vásquez Contreras	3.42		3.69	4.08	4.47	4.51	3.13		3.03	2.67	3.22	3.29
13	Casa J. M. Caravaca Rodríguez	3.53		3.8	4.25	4.66	4.67	3.35		3.19	2.82	3.34	3.46
17	Casa Cecilia Rojas	3.75		4.28	4.92	5.49	5.55	3.95			2.74	3.46	3.59
25	Tanque de agua de hotel 1	1.39		2.47	3.14	3.61	2.68	0.01		0.17	0.09	0.38	0.46
26	Tanque de agua de hotel 2	1.59		2.66	3.31	3.79	2.87	0.1		0.36	0.29	0.58	0.65
27	Proyecto La Alegría 1	1.1		1.81	2.27	2.59	2.1	0.07		0.12	0.02	0.28	0.46
28	Proyecto La Alegría 2	0.77		2.35	2.17	2.53	1.98	0.02		0.05	-0.02	0.09	0.13
31	AyA Flamingo	4.76		6.05	7.57	7.48	7.68	4.96		2.13	2.01	2.8	4.46
32	Potrero al otro lado de cerca Don Eligio	0.65		0.95	1.07	1.22	0.43	0.12		0.14	0.05	0.24	0.41
33	Casa Danny Moreno	1.75		2.21	2.54	2.52	2.4	1.57		1.24	0.35	1.26	1.38
34	Casa Antonio Moreno Canales 1	1.94		2.08	2.29	1.96	2.19	1.99		1.86	1.78	1.96	1.91
35	Casa Antonio Moreno Canales 2	1.19		1.76	2.13	2.26	2.04	1.09		0.58		0.51	0.92
50	Casa Alvaro Chinchilla	3.49		4.46	5.11	5.66	5.8	3.56				2.32	2.72
51	Casa Ángela Peralta	8.1		9.24	9.95			8.82		6.78	4.06	6.08	6.76
52	Dominic D'arcy	6.96		7.88	8.51	9.07	9.19	8.27		5.81	3.52	5.42	5.93
54	Casa Edier Peralta	3.72		4.5	5.08	5.6	5.73	3.58		2.36	0.98	2.82	3.02
55	Casa Angel Moreno Caravaca	2.73		3.39	3.85	3.93	3.59	2.12		1.74	1.53	1.77	2.09
57	Bar Rest. Conchita	1.18		1.77		2.43	2.19	0.67		0.2	-0.13	0.59	0.81
58	AyA Flamingo Pozo 2 – Cuitito	4.86			6.59		6.46	1.74		0.84		1.89	2.76
75	Pozo en potrero al lado de abrevadero	0.59		0.98	1.13	1.23	0.58	0.25		0.12	-0.1	0.2	0.22
76	Cabinas Marcell (MTP-354)	1.32		1.98	2.41	2.6	2.26	1.17		0.48	0.18	0.46	0.55
77	Casa María Elza Peralta	2.45		3.12	3.54	3.67	3.5	2.29		1.59	1.39	1.51	1.65
81	Hotel Esmeralda 2	2.78		3.67	4.01	4.24	3.96	2.6		1.76	1.54	1.73	1.9
82	ASADA Surfside 2				5.99	6.58	6.68	4.4		2.14	0.98	2.8	

Número	Nombre	Año 2012											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2	Finca Los Laureles 1	15.28	16.59	17.62	18.57							11.87	13.64
5	Casa Ermida Peralda		7.26	7.75	8.34	8.51		8.3	8.05	7.81		4.68	5.76
6	Pozo ASADA Potrero 1												
7	Pozo ASADA Potrero 2	6.35	0.24	5.2	5.93	3.83	6.34	6.35	6.6	6.3			4.04
	Pozo ASADA Potrero 3												
9	Casa amarillenta Gerardo Huarte												
10	Casa blanca Ronald Morales	3.51	4.1	4.61	5.16		5.67	5.7	5.87	5.56		2.67	3.14
11	Casa Benito Moraga	2.62	2.85	3.07	3.45	3.64	3.79	3.81	3.97	3.67		2.43	2.57
12	Casa Rodrigo Vásquez Contreras	3.48	3.67	3.94	4.34	4.61	4.61	4.71	4.85	4.54		3.25	3.39
13	Casa J. M. Caravaca Rodríguez	3.59	3.78	4.04	4.47	4.66	4.87	4.9	5.07	4.7		3.38	3.49
17	Casa Cecilia Rojas	3.87	4.23	4.68	5.23	5.6	5.76	5.75	6.02	5.55		3.52	3.71
25	Tanque de agua de hotel 1	1.71	2.47	3.07	3.52	3.55	3.21	2.92	3.19	2.46	-0.01	0.34	0.61
26	Tanque de agua de hotel 2	1.9	2.71	3.25	3.66	3.74	3.33	3.12	3.37	2.63	0.19	0.53	0.89
27	Proyecto La Alegría 1	1.34	1.81	2.24	2.59	2.61	2.28	2.15	2.4	1.79	0.01	0.33	0.87
28	Proyecto La Alegría 2	1.02	1.68	2.13	2.47	2.55	2.2	2.05	2.28	1.64	0.02	0.07	0.43
31	AyA Flamingo	4.67	5.53	6.28	6.91	7.23	7.48	7.49	7.81	7.5		3.24	4.64
32	Potrero al otro lado de cerca Don Eligio	0.65	0.82	1.01	1.28	1.04	1.09	1.07	1.22	0.87	0.06	0.57	0.69
33	Casa Danny Moreno	1.79	2.14	2.48	2.65	2.6	2.7	2.69	2.56	2.32		1.29	1.45
34	Casa Antonio Moreno Canales 1	2	2.18	2.31	2.42	2.23	2.35	2.3	2.18	2.11		1.91	1.98
35	Casa Antonio Moreno Canales 2	1.19	1.71	2.04	2.31	2.16	2.38	2.29	2.24	1.93		0.59	0.79
50	Casa Alvaro Chinchilla		4.31	4.85	5.63								
51	Casa Ángela Peralta	8.24	9.06	9.7	10.22		9.9					6.86	7.52
52	Dominic D'arcy	7.07	7.7	8.23	8.91	15.96	9.29		9.56	9.02		6.02	6.55
54	Casa Edier Peralta	3.84	3.39	4.85	5.42	5.6	5.85	5.9	6	5.8		3.09	3.52
55	Casa Angel Moreno Caravaca	2.81	3.33	3.64	4.21	3.84	4.02	4.03	3.92	3.48		1.78	2.2
57	Bar Rest. Conchita	1.29	1.74	2.02		2.34	2.42	2.44	2.62	2.33	0.19	0.89	1.19
58	AyA Flamingo Pozo 2 – Cuitito					7.42		7.32			3.25	2.39	
75	Pozo en potrero al lado de abrevadero	0.49	0.72	1.27	1.15	1.65	1.23	1.16	1.13	0.87		0.32	0.39
76	Cabinas Marcell (MTP-354)	1.32	1.85	2.28	2.55	2.4	2.5	2.54	2.55	2.17		0.54	0.81
77	Casa María Elza Peralta	2.5	3.05		4.21	3.72	3.75	3.89	3.78	3.35		1.65	1.91
81	Hotel Esmeralda 2		3.41			4.07	4.21	4.21		3.85		1.78	2.2
82	ASADA Surfside 2												4.06

Número	Nombre	Año 2016											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2	Finca Los Laureles 1												
5	Casa Ermida Peralda			8.38	9.21	9.71	9.57	8.86	9.38	7.98	6,015		5.06
6	Pozo ASADA Potrero 1												
7	Pozo ASADA Potrero 2												
	Pozo ASADA Potrero 3												
9	Casa amarillenta Gerardo Huarte												
10	Casa blanca Ronald Morales										5.07		2.79
11	Casa Benito Moraga			4.59	4.89	5.73	4.81	5.41	4.8	3.94	2.67		1.77
12	Casa Rodrigo Vásquez Contreras												
13	Casa J. M. Caravaca Rodríguez												
17	Casa Cecilia Rojas			7.49	7.86								
25	Tanque de agua de hotel 1				4.68	4.99	5.14	4.03	4.59	1.79	0.29		0.26
26	Tanque de agua de hotel 2												
27	Proyecto La Alegría 1			2.97	3.37	3.63	3.53	2.8	3.27	2.05			0.29
28	Proyecto La Alegría 2			3.16	3.55	3.67	2.73	3	2.75	1.61			
31	AyA Flamingo			7.67					10.17	9.98	7.39		6.97
32	Potrero al otro lado de cerca Don Eligio			2.39	2.8	3.02	1.79	2	2.26	1.46	0.79		0.77
33	Casa Danny Moreno												
34	Casa Antonio Moreno Canales 1			2.91	3.37								
35	Casa Antonio Moreno Canales 2			3.21	3.52	3.56	2.71	2.92	3.06	2.33	1.91		1.85
50	Casa Alvaro Chinchilla												
51	Casa Ángela Peralta												
52	Dominic D'arcy										9.28		7.9
54	Casa Edier Peralta												
55	Casa Angel Moreno Caravaca			4.82	5.08		4.4	4.59	7.88	3.5	2.82		2.31
57	Bar Rest. Conchita			3.65	3.84		3.61	3.53	3.87	2.85	2.06		0.85
58	AyA Flamingo Pozo 2 – Cuitito				7.68	7.59	7.18	6.76	6.68	5.42	4.33		3.37
75	Pozo en potrero al lado de abrevadero			1.88	2.14	2.21	1.67	1.69	2.12	1.34	0.84		0.67
76	Cabinas Marcell (MTP-354)			3.48	3.79	3.72	3.07	3.19	3.6	3.1	1.86		1.26
77	Casa María Elza Peralta												
81	Hotel Esmeralda 2												
82	ASADA Surfside 2								8.9	8.58	6.64		3.3

Número	Nombre	Año 2017											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2	Finca Los Laureles 1												
5	Casa Ermida Peralda	6.11	6.78	7.51	8.03	8.24	5.86	5.77	6.4	3.9	4.28	4.71	5.23
6	Pozo ASADA Potrero 1												
7	Pozo ASADA Potrero 2						4.89						
	Pozo ASADA Potrero 3							6.99	6.41	4.48	2.64	3.32	4.08
9	Casa amarillenta Gerardo Huarte												
10	Casa blanca Ronald Morales	3.24	3.78	4.46	4.94	4.98	4.25	4.1	3.75	2.79	1.74	2.11	2.49
11	Casa Benito Moraga	1.93	2.02	2.14	2.54	2.43	1.85	2.55	2.47	2.14	2.03	2.21	2.29
12	Casa Rodrigo Vásquez Contreras												
13	Casa J. M. Caravaca Rodríguez												
17	Casa Cecilia Rojas												
25	Tanque de agua de hotel 1	0.94	2	2.91	3.37	2.97	0.33	0.39	0.42	0.96	0	0.23	0.34
26	Tanque de agua de hotel 2												
27	Proyecto La Alegría 1		1.49										
28	Proyecto La Alegría 2		1.35										
31	AyA Flamingo										2.78		
32	Potrero al otro lado de cerca Don Eligio	1.17	1.2	1.27	1.26	0.79	0.39	0.84	0.72	0.29	0.24	0	0.64
33	Casa Danny Moreno												
34	Casa Antonio Moreno Canales 1												
35	Casa Antonio Moreno Canales 2	2	1.98	2.36	2.37	2.22	1.87	1.91	1.84	1.65	1.59	1.81	1.79
50	Casa Alvaro Chinchilla												
51	Casa Ángela Peralta												
52	Dominic D'arcy	7.7	7.9	8.33									
54	Casa Edier Peralta												
55	Casa Angel Moreno Caravaca	3.07	3.33	3.71	3.92	3.5	2.56	2.75	2.83	1.87	1.5	1.5	1.84
57	Bar Rest. Conchita	1.27	1.45	n.d	2.17	1.96	1.3	1.55	1.38	0.6	0		
58	AyA Flamingo Pozo 2 – Cuitito	4.34	5.06	5.85	6.42	6.09	4.92	4.5	4.08	2.56	0.82	1.53	2.41
75	Pozo en potrero al lado de abrevadero	1	1.1	1.2	1.01	0.9	0.45	0.67	0.52	0.11	0	0	0.29
76	Cabinas Marcell (MTP-354)	1.72	3.11	2.49	2.56	2.27	1.52	1.53	1.41	0.85	0.3	0.36	0.69
77	Casa María Elza Peralta												
81	Hotel Esmeralda 2	3.4	3.55	3.97	4.15	3.87	3.03	3.1	3.06	2.32	1.62	1.69	1.74
82	ASADA Surfside 2	4			6.14								

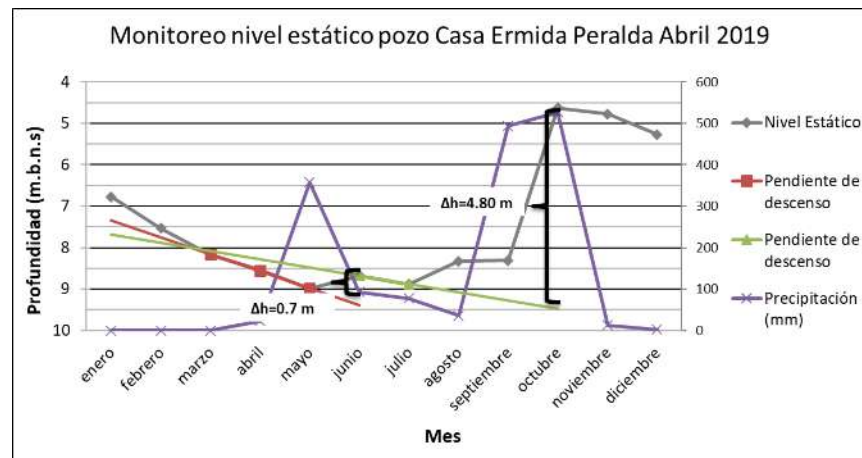
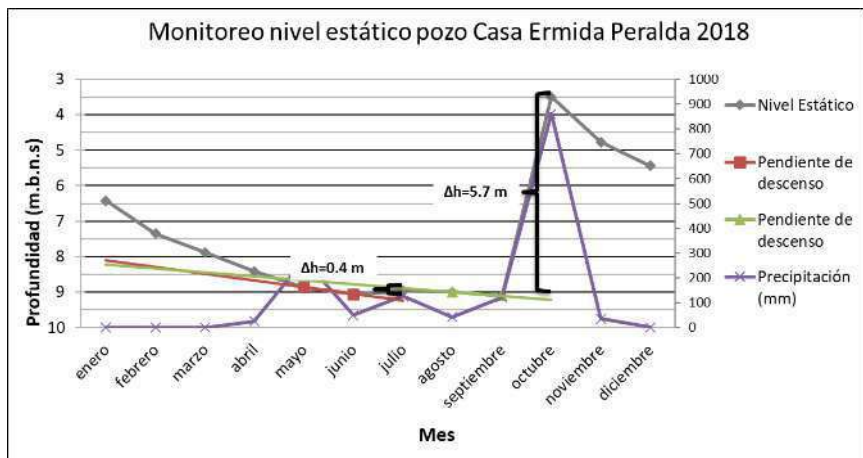
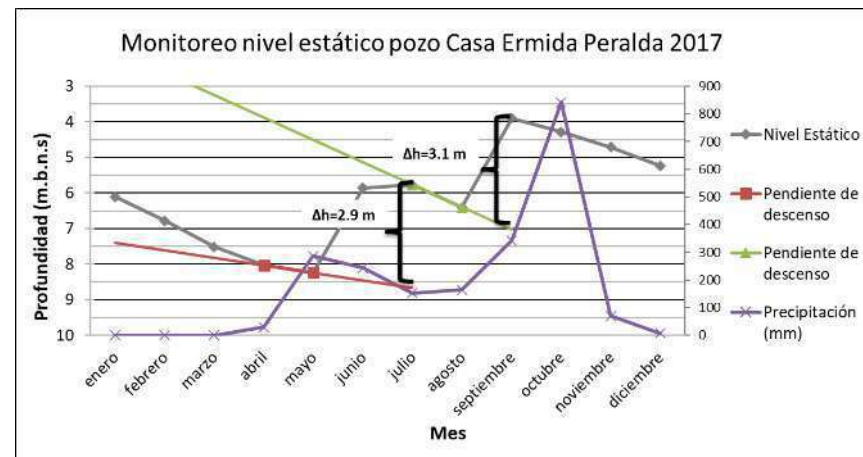
Número	Nombre	Año 2018											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2	Finca Los Laureles 1												
5	Casa Ermida Peralda	6.43	7.35	7.88	8.42	8.86	9.05	8.96	8.99	9.1	3.5	4.77	5.44
6	Pozo ASADA Potrero 1												
7	Pozo ASADA Potrero 2												
	Pozo ASADA Potrero 3	6.2	7.4	8.45	9.4	10.04	10.47	10.78	11.1	11.43	2.82	4.14	5.1
9	Casa amarillenta Gerardo Huarte												
10	Casa blanca Ronald Morales	3.26	3.92	4.41			4.9						
11	Casa Benito Moraga	2.42	2.63	2.8	3.17	3.37	3.45	3.67	3.88	4.17	1.98	2.24	2.33
12	Casa Rodrigo Vásquez Contreras												
13	Casa J. M. Caravaca Rodríguez												
17	Casa Cecilia Rojas												
25	Tanque de agua de hotel 1	1.2	2.06	2.71	4.01	3.37	2.75	3.05	3.04	3.21	0	0.15	0.61
26	Tanque de agua de hotel 2												
27	Proyecto La Alegría 1												
28	Proyecto La Alegría 2												
31	AyA Flamingo	5.38	6.22	6.96	7.84	8.21	8.3	8.77	9.06	8.88	3.57	3.91	4.39
32	Potrero al otro lado de cerca Don Eligio	0.85	1	1.11	1.33		1.17	1.27	1.35	1.54	0.41	0.75	0.79
33	Casa Danny Moreno												
34	Casa Antonio Moreno Canales 1												
35	Casa Antonio Moreno Canales 2	2.55	2.1	2.26		2.35	2.32	2.5	2.44	2.69	1.9	1.87	1.89
50	Casa Alvaro Chinchilla												
51	Casa Ángela Peralta												
52	Dominic D'arcy												
54	Casa Edier Peralta												
55	Casa Angel Moreno Caravaca	2.46	3.02	3.55	3.85	3.94	3.8	4.03	4.03	4.13	1.6	1.76	2.12
57	Bar Rest. Conchita												
58	AyA Flamingo Pozo 2 – Cuitito	4.23	5.1	5.71	6.39	6.38	6.07	6.28	6.44	6.51	0.59	1.96	3.01
75	Pozo en potrero al lado de abrevadero	0.58	0.79	0.97	1.13	1	1.08	1.14	1.3	1.37	0.16	0.3	0.45
76	Cabinas Marcell (MTP-354)	1.12	1.71	2.16	2.51	2.5	2.43	2.67	2.65	2.86	1.64	0.6	0.92
77	Casa María Elza Peralta												
81	Hotel Esmeralda 2	2.63	3.3	4.02	4.1	4.1	4.09	4.26	4.22	4.49	1.95	1.9	2.22
82	ASADA Surfside 2	4.23								7.32			

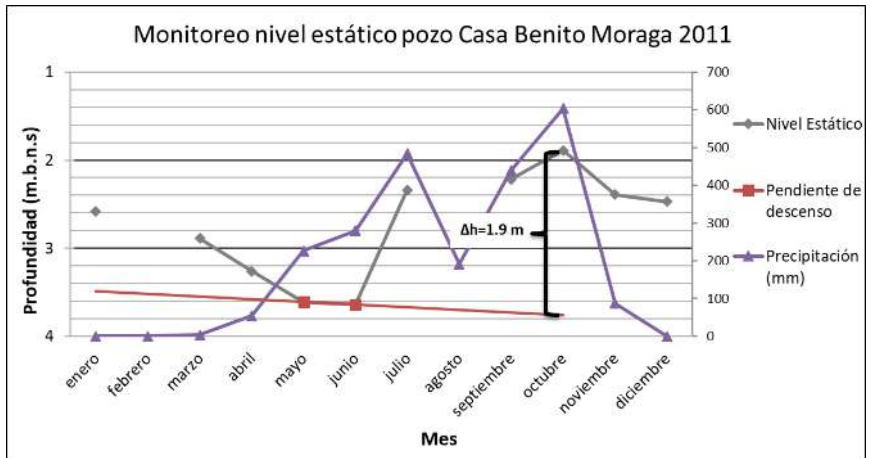
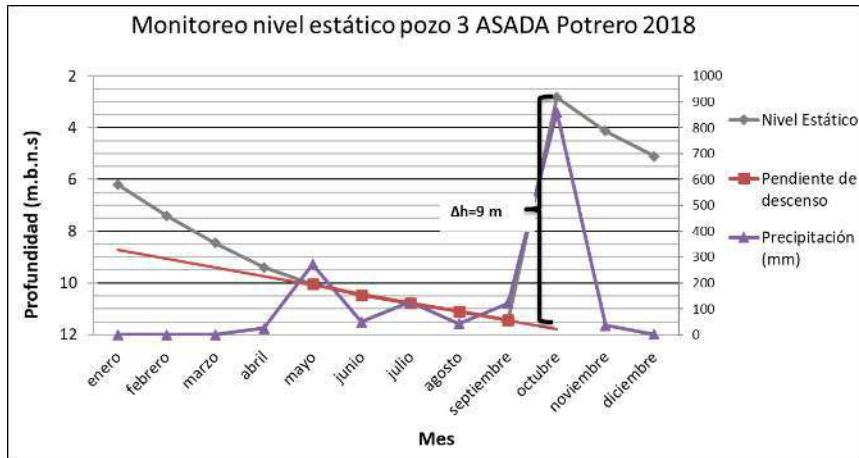
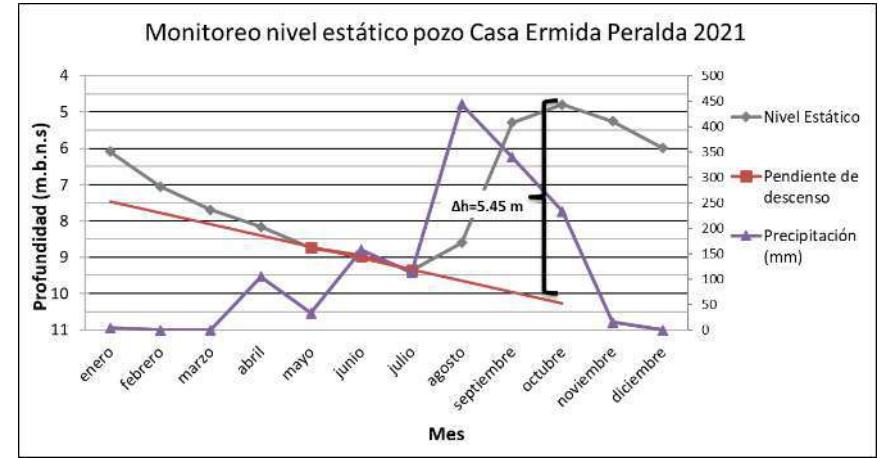
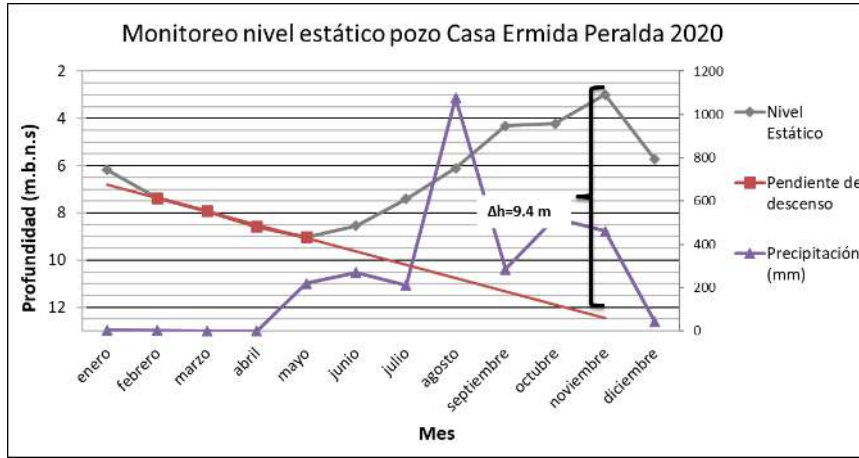
Número	Nombre	Año 2019											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2	Finca Los Laureles 1												
5	Casa Ermida Peralda	6.77	7.53	8.17	8.55	8.99	8.68	8.88	8.33	8.31	4.63	4.77	5.27
6	Pozo ASADA Potrero 1		4.41										
7	Pozo ASADA Potrero 2				6.05	6.44	6.2					3.52	3.82
	Pozo ASADA Potrero 3	7.09						10.12	11.3	11.38			
9	Casa amarillenta Gerardo Huarte												
10	Casa blanca Ronald Morales												
11	Casa Benito Moraga	2.55	nd	3.2	3.4	3.55	4	3.64	3.99	3.44	2.12	2.23	2.31
12	Casa Rodrigo Vásquez Contreras												
13	Casa J. M. Caravaca Rodríguez												
17	Casa Cecilia Rojas												
25	Tanque de agua de hotel 1	2.07	2.9	3.44	3.63	3.96	3.46	3.43	3.98	1.89	0.01	0.19	0.29
26	Tanque de agua de hotel 2												
27	Proyecto La Alegría 1												
28	Proyecto La Alegría 2												
31	AyA Flamingo							8.59			4.02		
32	Potrero al otro lado de cerca Don Eligio	0.94	1.1	1.09	1.17	0.67	1.03	1.07	1.47	0.09	0.2	0.61	0.75
33	Casa Danny Moreno												
34	Casa Antonio Moreno Canales 1												
35	Casa Antonio Moreno Canales 2	2.04	1.73	2.49	2.31	2.14	2.34	2.23	2.65	1.78	0.66	2	0.7
50	Casa Alvaro Chinchilla												
51	Casa Ángela Peralta												
52	Dominic D'arcy												
54	Casa Edier Peralta												
55	Casa Angel Moreno Caravaca	2.87	n.d	3.73	4.9	3.62	1.76	3.62	4.02	2.84	1.64	1.8	2.03
57	Bar Rest. Conchita												
58	AyA Flamingo Pozo 2 – Cuitito	4.77	5.54	6.45	6.7	7.32	6.86	6.68	7.04	6.26	1.28	2.08	3.01
75	Pozo en potrero al lado de abrevadero	0.73	0.93	0.98	1.08	0.72	0.91	0.93	1.3	0	0.04	0.31	0.49
76	Cabinas Marcell (MTP-354)	1.56	1.97	2.46	2.6	2.36	2.34	2.36	2.75	1.57	0.7	0.71	0.77
77	Casa María Elza Peralta												
81	Hotel Esmeralda 2	3.1	3.55	4.16	4.2	3.96	nd	3.97	5.37	5.27	2.1	1.95	2.18
82	ASADA Surfside 2			6.61				7.2		7.48	3.5	2.63	3.62

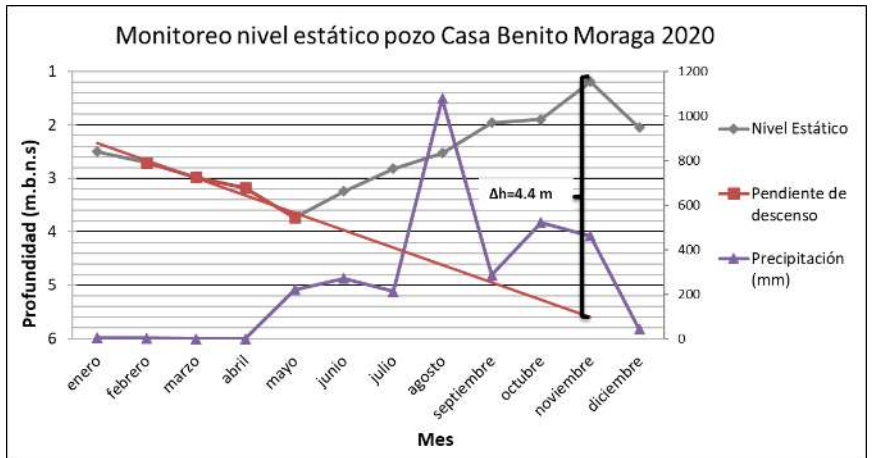
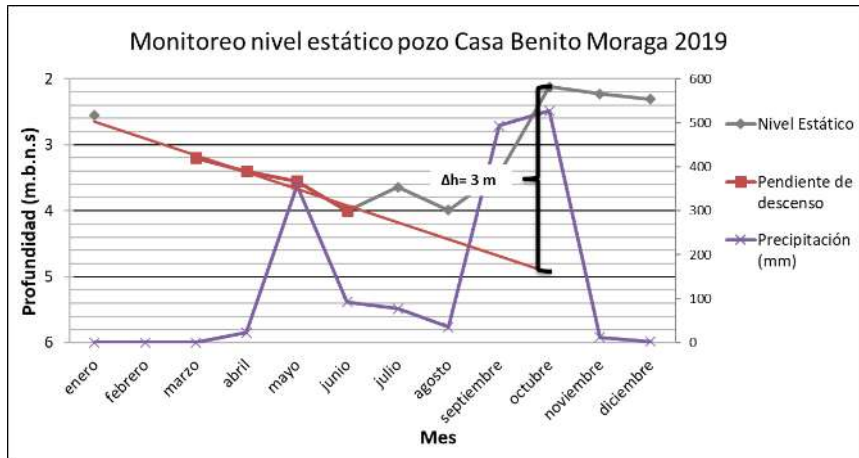
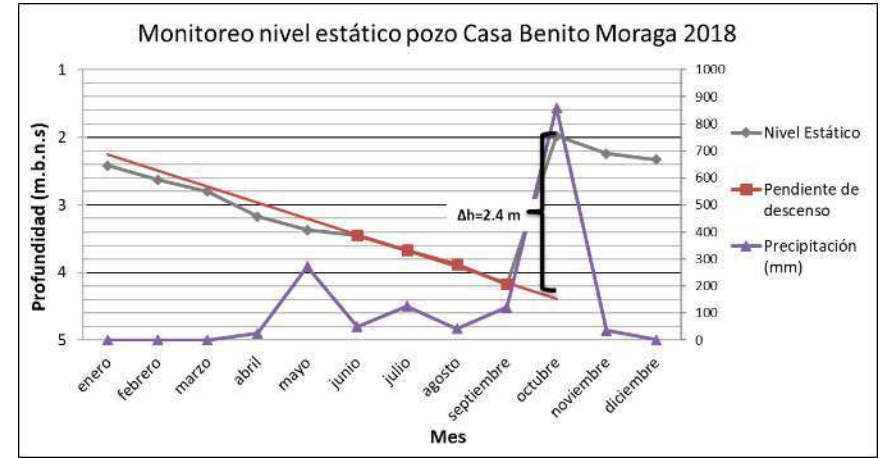
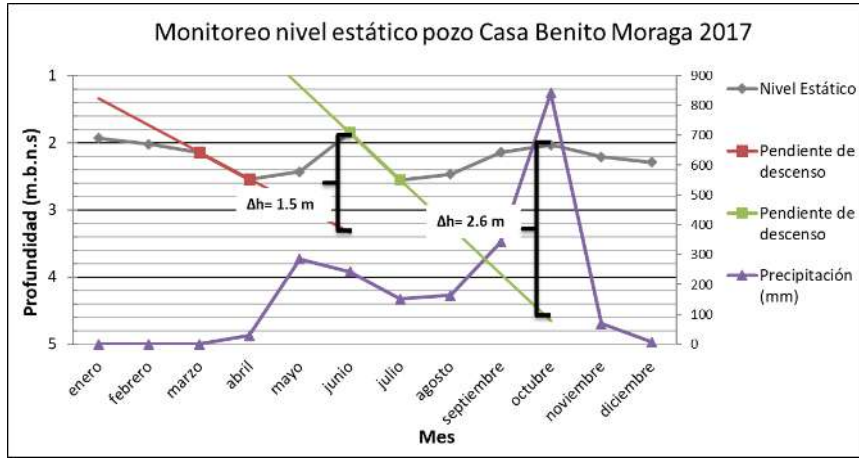
Número	Nombre	Año 2020											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2	Finca Los Laureles 1												
5	Casa Ermida Peralda	6.18	7.37	7.92	8.58	9.03	8.55	7.41	6.11	4.31	4.23	2.99	5.73
6	Pozo ASADA Potrero 1					4.48	4.61	4.15					1.5
7	Pozo ASADA Potrero 2	4.56	5.04	5.54		6.52		5.23			2.71		3.04
	Pozo ASADA Potrero 3				9.92	12	9.37	6.74		2.66		1.94	
9	Casa amarillenta Gerardo Huarte												
10	Casa blanca Ronald Morales												
11	Casa Benito Moraga	2.5	2.71	2.98	3.18	3.73	3.24	2.82	2.53	1.96	1.9	1.19	2.05
12	Casa Rodrigo Vásquez Contreras												
13	Casa J. M. Caravaca Rodríguez												
17	Casa Cecilia Rojas												
25	Tanque de agua de hotel 1	1.81	2.52	3.18	3.8	4.14	2.11	0.16	0.21	0	0	0	0.17
26	Tanque de agua de hotel 2												
27	Proyecto La Alegría 1												
28	Proyecto La Alegría 2												
31	AyA Flamingo							6.56				1.15	
32	Potrero al otro lado de cerca Don Eligio	0.9	1.01	1.09	1.29	1.42	0.98	0.67	0.77	0.11	0.09	0.05	0.33
33	Casa Danny Moreno												
34	Casa Antonio Moreno Canales 1												
35	Casa Antonio Moreno Canales 2	2.1	2.35	2.67	2.45	2.21	2.07	2.06	1.87	1.65	1.65	1.88	1.93
50	Casa Alvaro Chinchilla												
51	Casa Ángela Peralta												
52	Dominic D'arcy												
54	Casa Edier Peralta												
55	Casa Angel Moreno Caravaca	3.29	3.63	3.95	4.13	3.36	2.92	2.75	1.35	1.25	1.03	1.39	2.02
57	Bar Rest. Conchita		2.23	2.56	2.3	1.04	1.62	1.25	0.07	0	0	0.35	0.95
58	AyA Flamingo Pozo 2 – Cuitito	5.67	6.42	6.98	7.35	5.83	5.07	4.74	1.09	0.84	0.28	1.37	3.65
75	Pozo en potrero al lado de abrevadero	0.86	1.07	1.27	1.4	0.96	0.55	0.64	0	0	0	0.16	0.34
76	Cabinas Marcell (MTP-354)	1.91	2.21	2.7	2.94	2.33	1.66	1.5	0.27	0.2	0.17	0.31	0.73
77	Casa María Elza Peralta												
81	Hotel Esmeralda 2	3.49	3.86	4.3	4.35	3.69	3.23						
82	ASADA Surfside 2	5.62		6.7		6.45	5.48	4.44	2.11	1.94	0.61	2.4	3.7

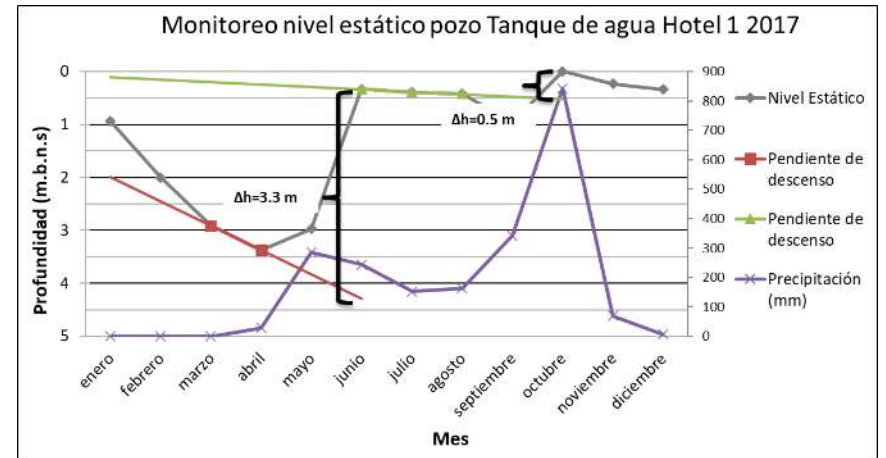
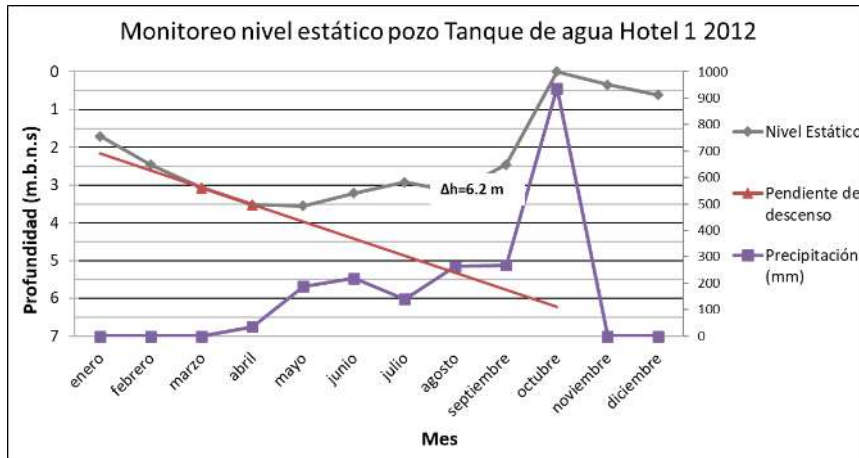
Número	Nombre	Año 2021											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2	Finca Los Laureles 1												
5	Casa Ermida Peralda	6.09	7.05	7.69	8.16	8.74	8.96	9.36	8.6	5.29	4.79	5.25	5.99
6	Pozo ASADA Potrero 1		3.58	4.2						3.2		2.58	3.25
7	Pozo ASADA Potrero 2	3.82	4.42	4.95	5.33	5.85			5.7	4.14		3.58	4
	Pozo ASADA Potrero 3		6.95	8.08			10.3			4.2		4.1	5.54
9	Casa amarillenta Gerardo Huarte												
10	Casa blanca Ronald Morales												
11	Casa Benito Moraga	2.24	2.42	2.68	2.91	3.32	3.39	3.56	3.08	2.23	2.05	2.2	2.3
12	Casa Rodrigo Vásquez Contreras												
13	Casa J. M. Caravaca Rodríguez												
17	Casa Cecilia Rojas												
25	Tanque de agua de hotel 1	0.98	2.08	2.81	3.05	3.42	3.53	3.31	2.09	0.06	0.02	0.18	0.96
26	Tanque de agua de hotel 2												
27	Proyecto La Alegría 1												
28	Proyecto La Alegría 2												
31	AyA Flamingo			6.28		7.56						3.76	
32	Potrero al otro lado de cerca Don Eligio	0.58	0.84	0.97	0.91	1.11	0.87	1.04	0.08	0.76	0.33	0.6	0.78
33	Casa Danny Moreno												
34	Casa Antonio Moreno Canales 1												
35	Casa Antonio Moreno Canales 2	1.93	2.09	2.17	2.27	2.25	2.26	2.45	2.08	2.03	1.94	1.96	2.02
50	Casa Alvaro Chinchilla												
51	Casa Ángela Peralta												
52	Dominic D'arcy												
54	Casa Edier Peralta												
55	Casa Angel Moreno Caravaca	2.02	2.77	3.27	3.54	3.67	3.68	3.73	3.08	2.32	1.74	2.09	2.6
57	Bar Rest. Conchita	0.95	1.39	1.74	1.92	2.25	2.17	2.32	1.87	0.91	0.41	0.78	1.08
58	AyA Flamingo Pozo 2 – Cuitito	3.65	5.04	5.78	6	6.46	6.62	6.52	5.42	1.85	1.28	2.18	2.52
75	Pozo en potrero al lado de abrevadero	0.34	0.7	0.93	0.84	1.01	0.87	1.03	0.12	0.17	0.27	0.45	0.6
76	Cabinas Marcell (MTP-354)	0.73	2.38	1.79	2	2.33	2.32	2.43	1.14	1.07	0.65	0.77	1.14
77	Casa María Elza Peralta												
81	Hotel Esmeralda 2												
82	ASADA Surfside 2	3.7	6.06	5.37		6.48		6.89		4.26	2.65	3.21	

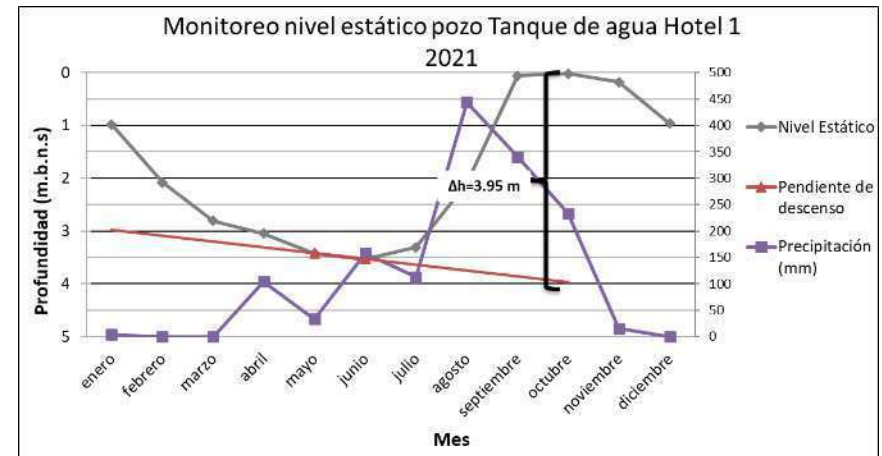
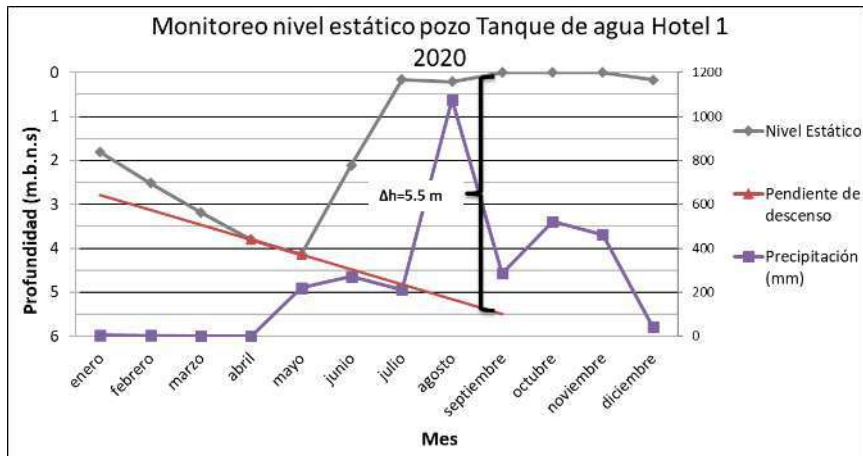
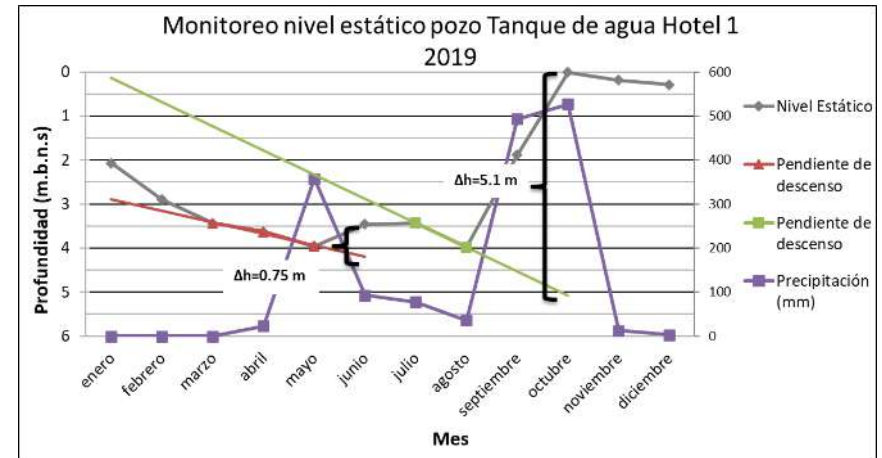
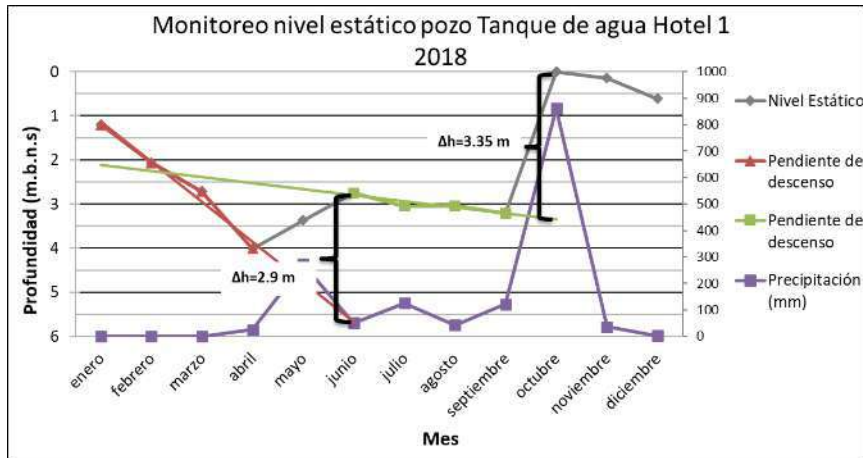
Anexo 3: Hidrograma de pozos considerados para el cálculo de recarga

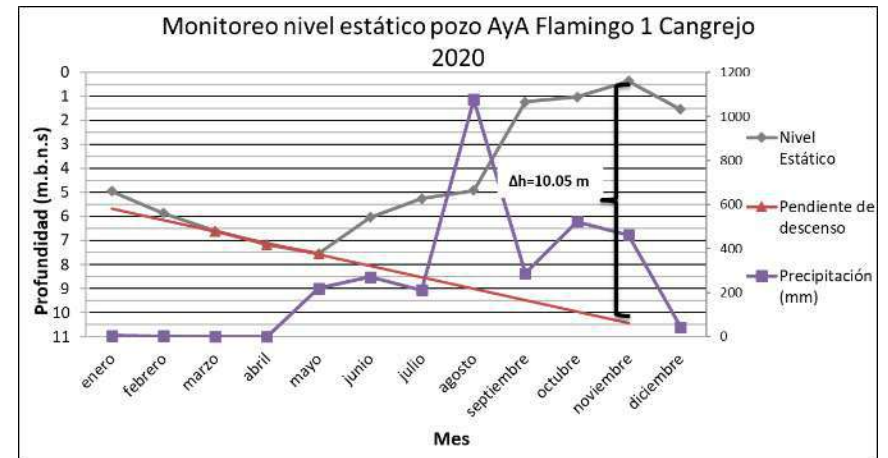
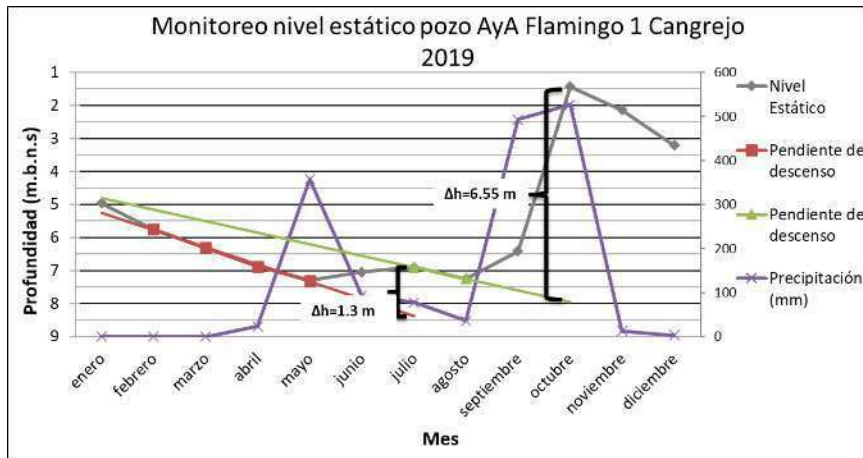
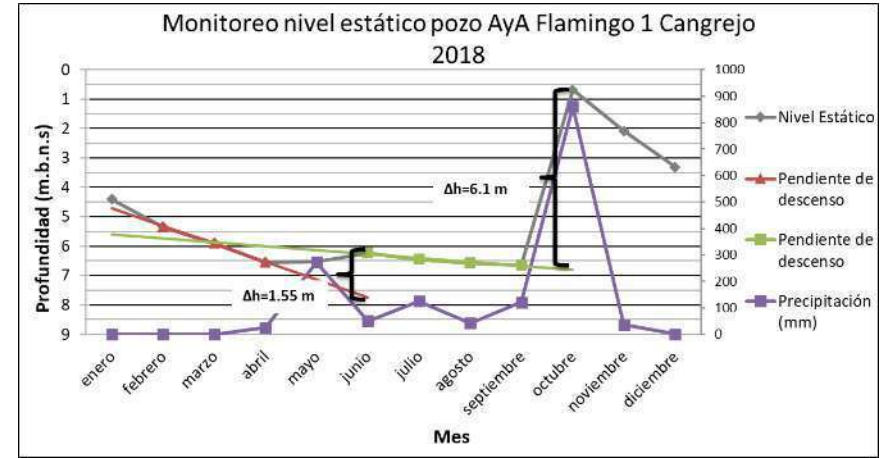
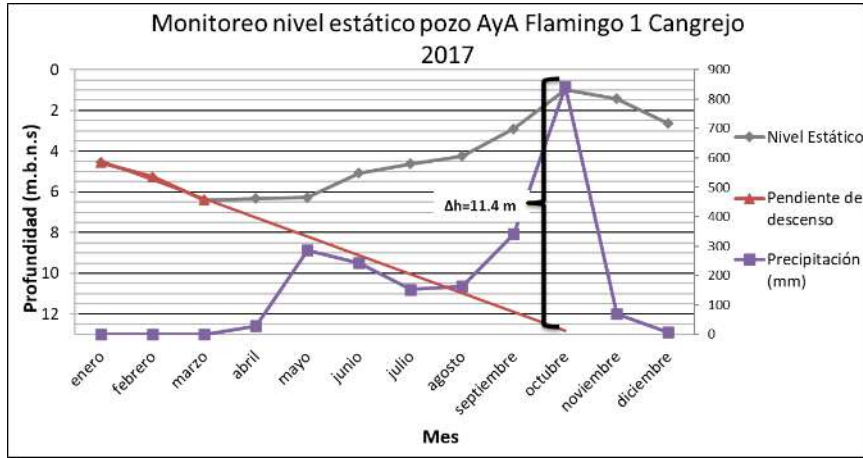


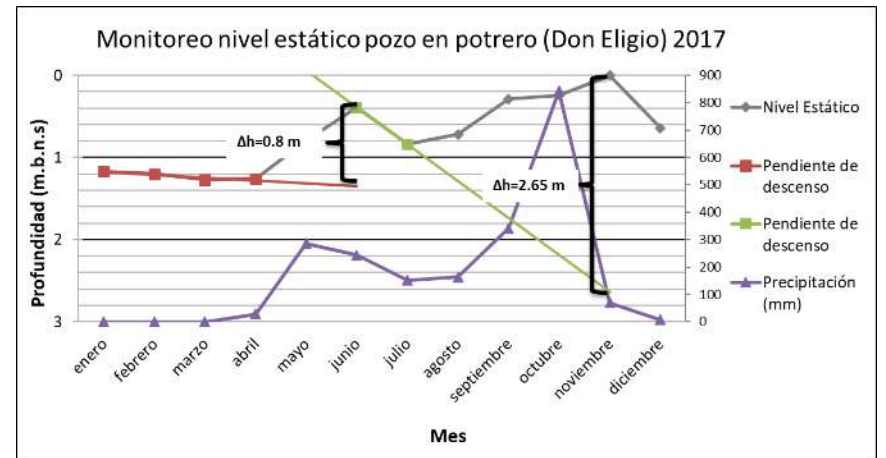
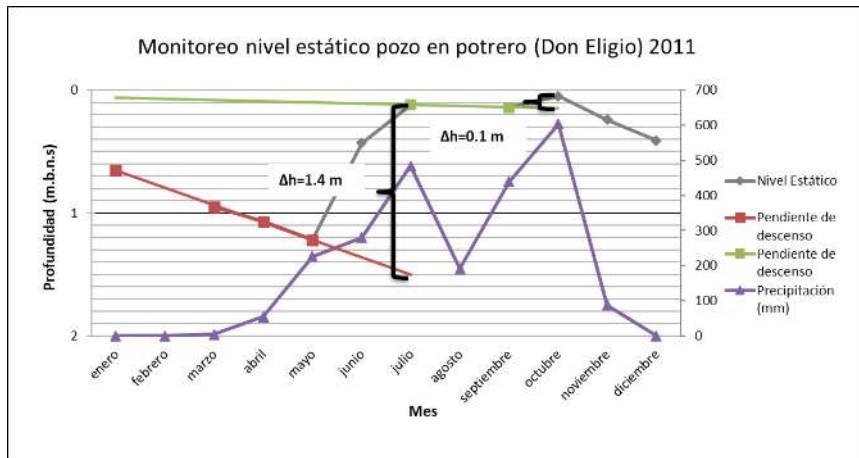
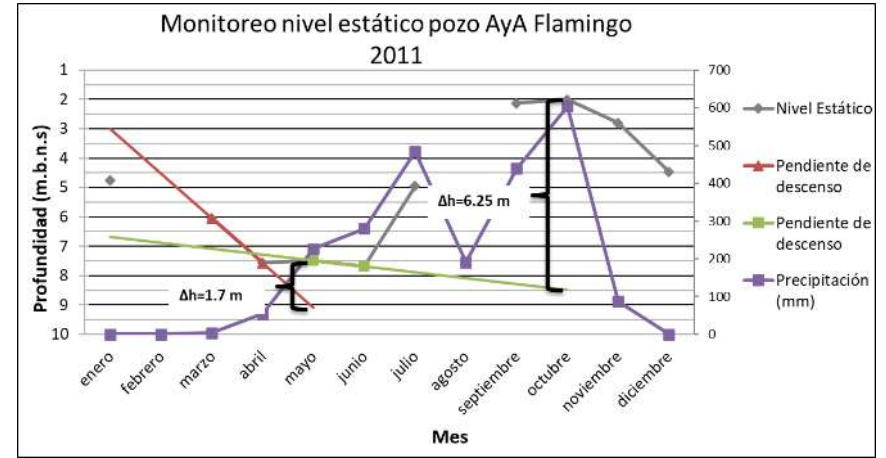
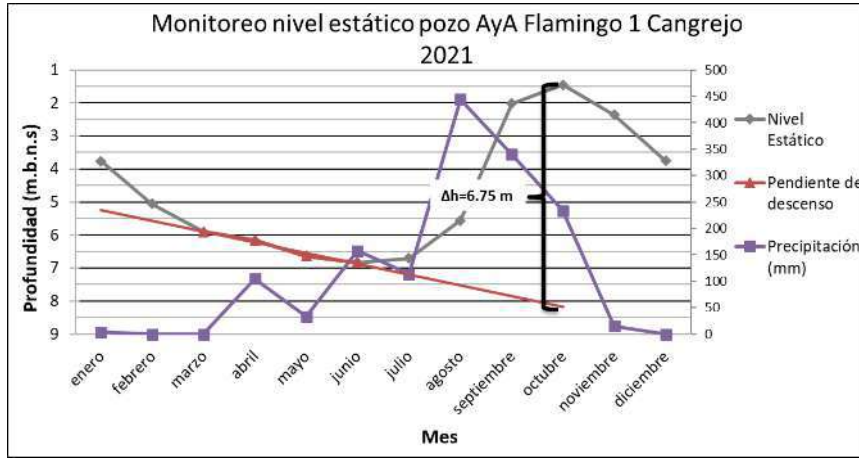


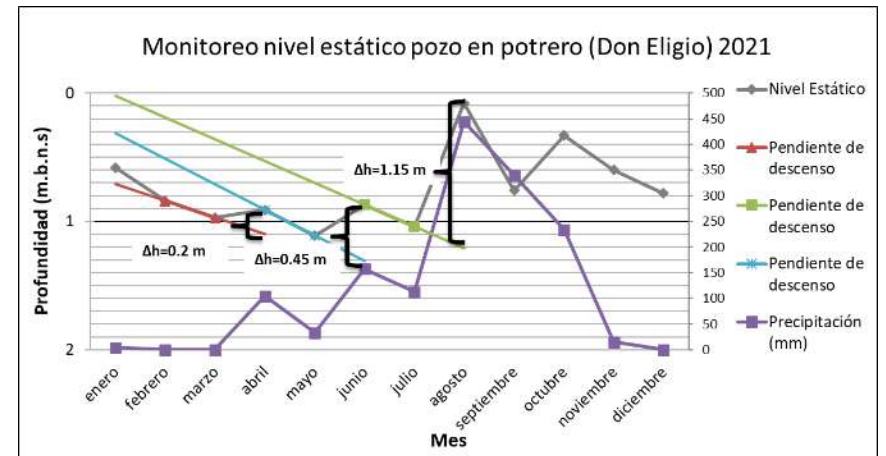
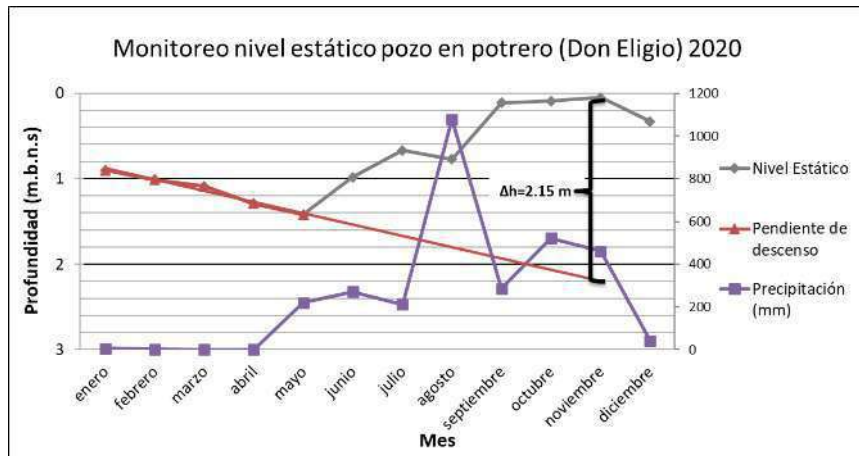
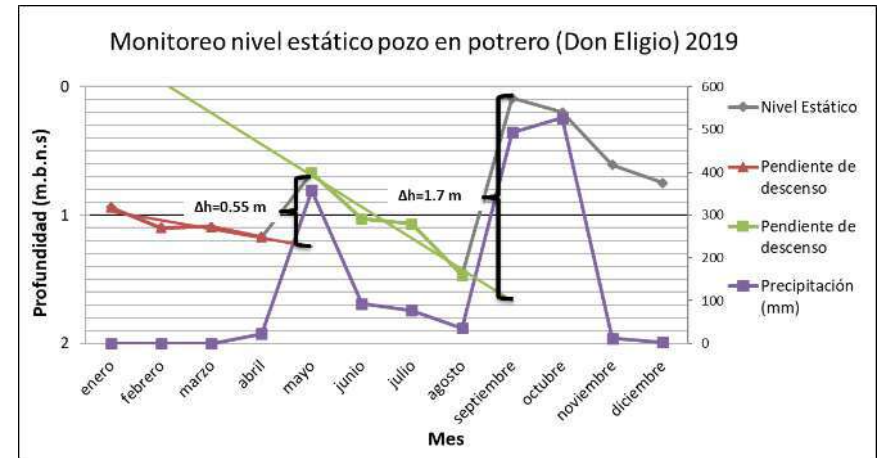
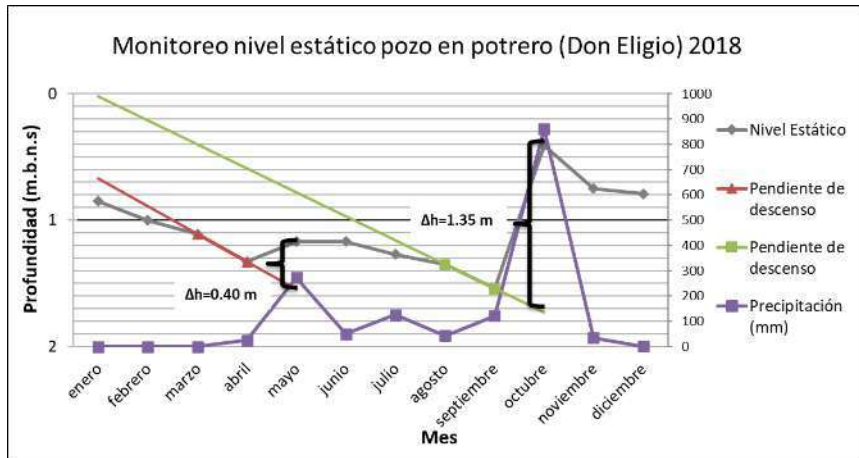


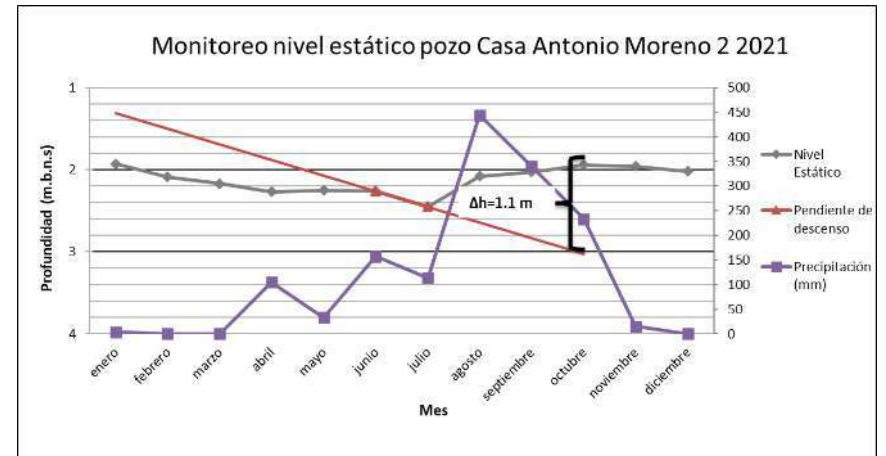
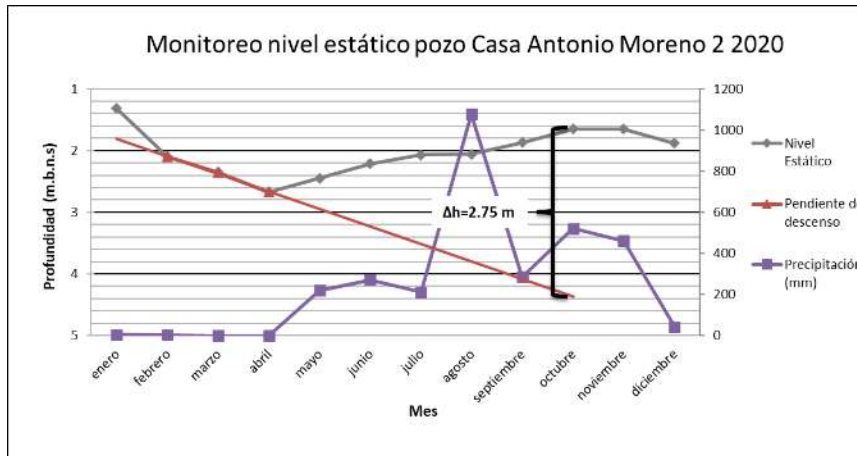
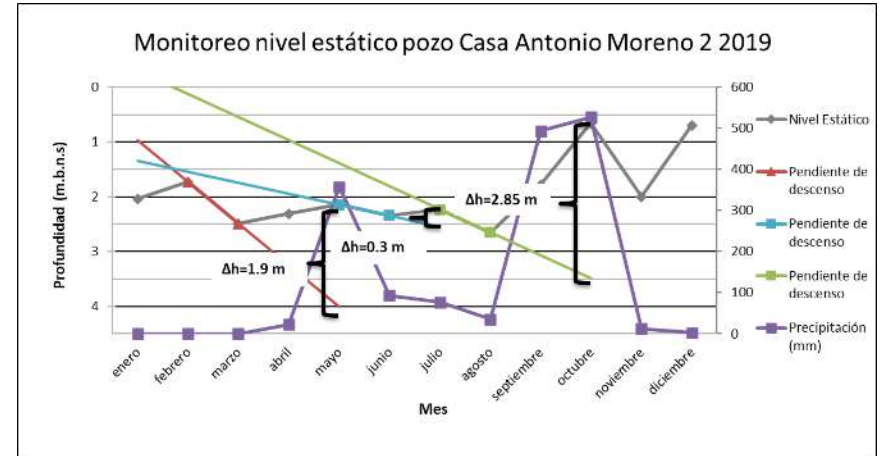
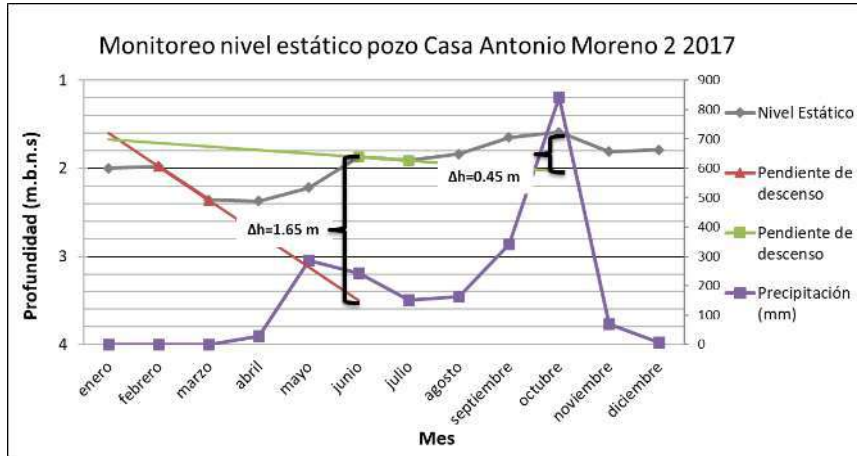


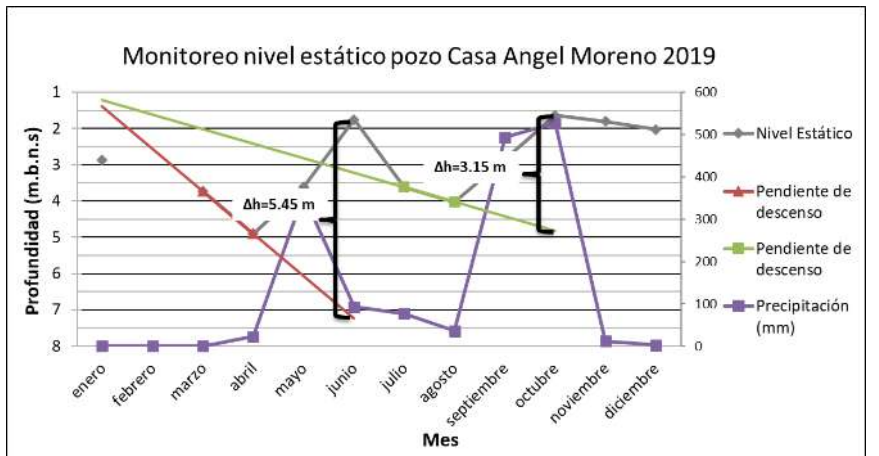
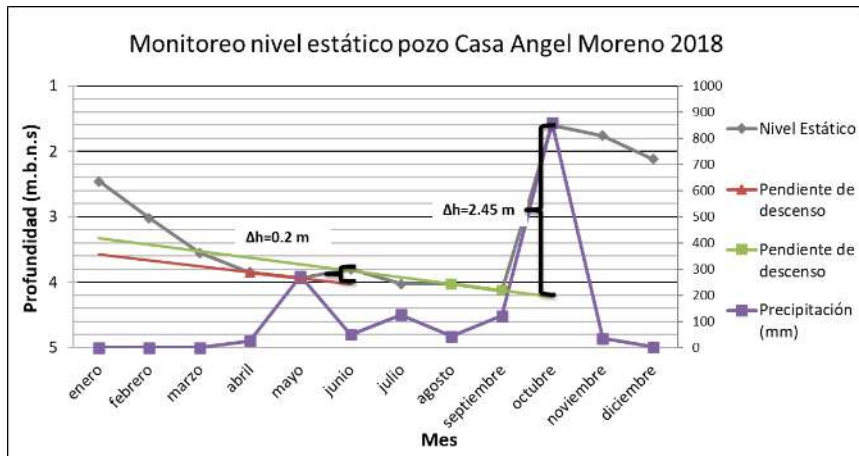
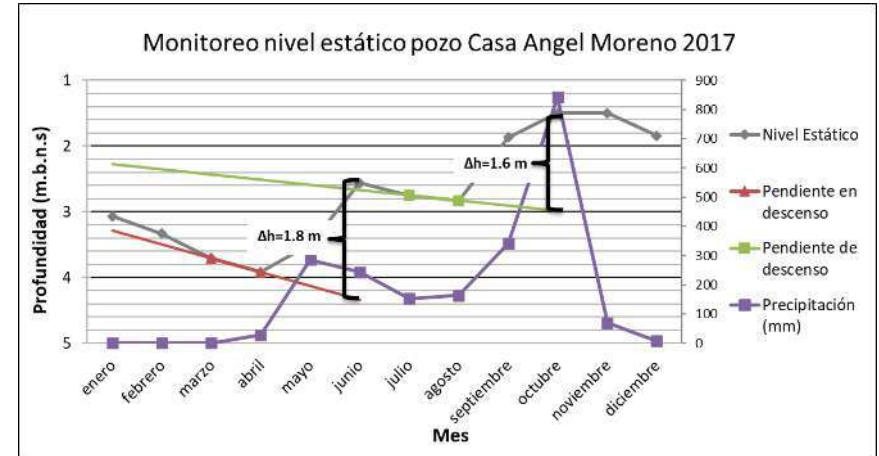


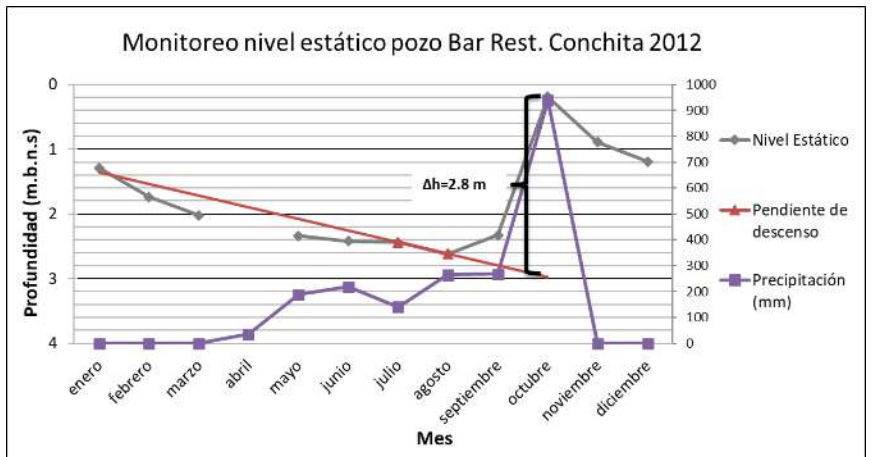
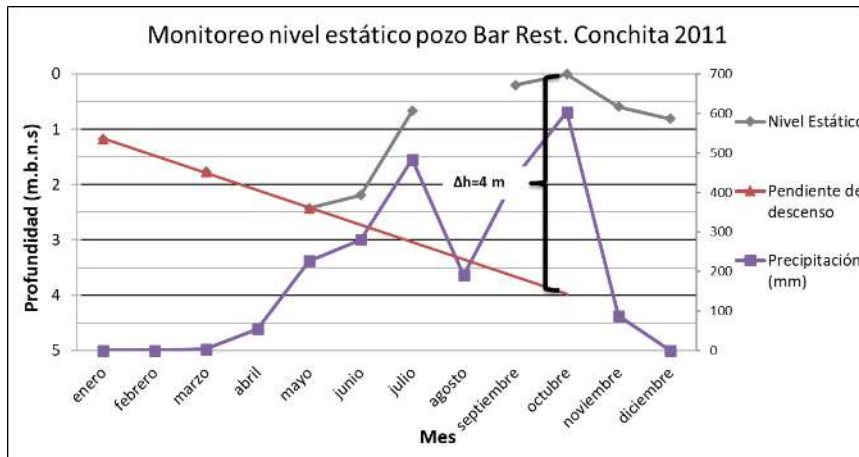


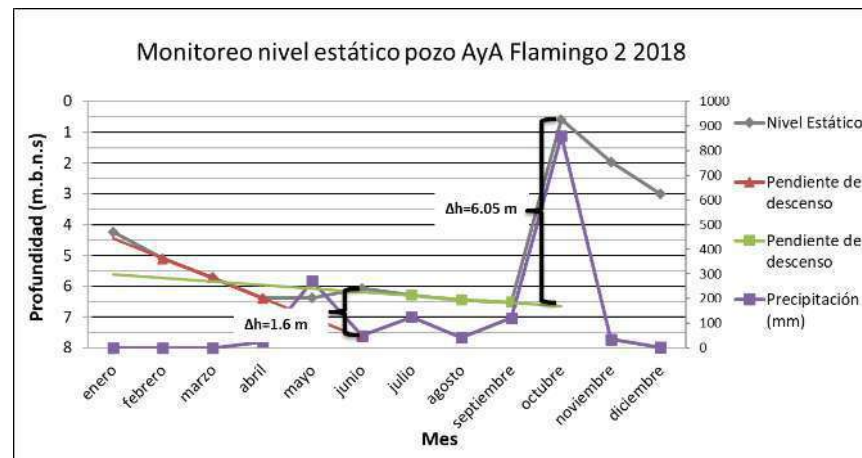
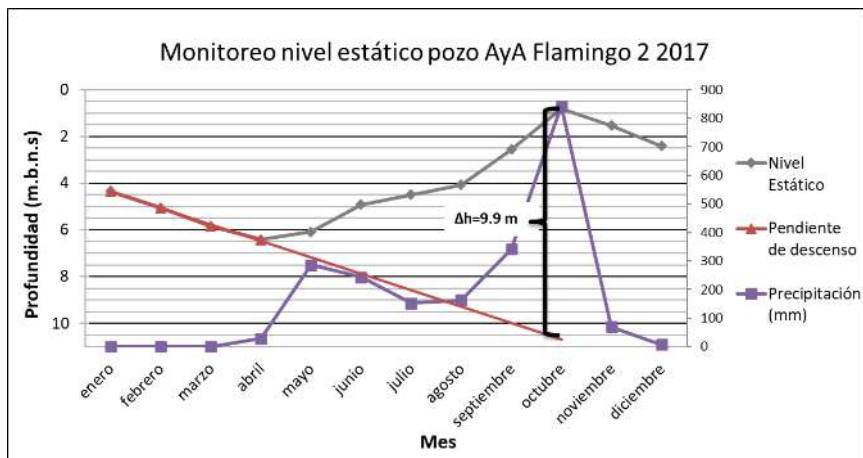
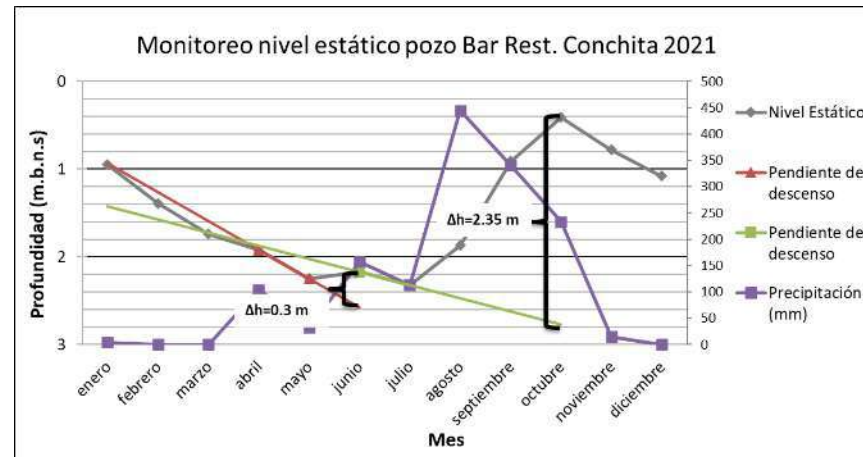
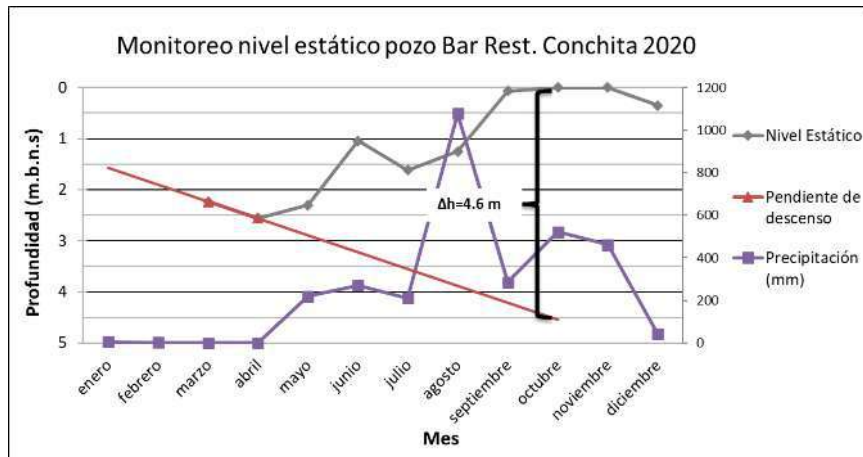


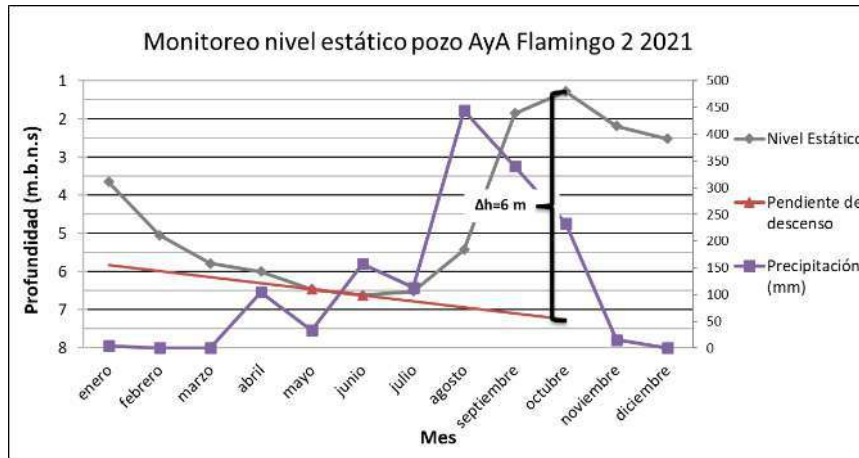
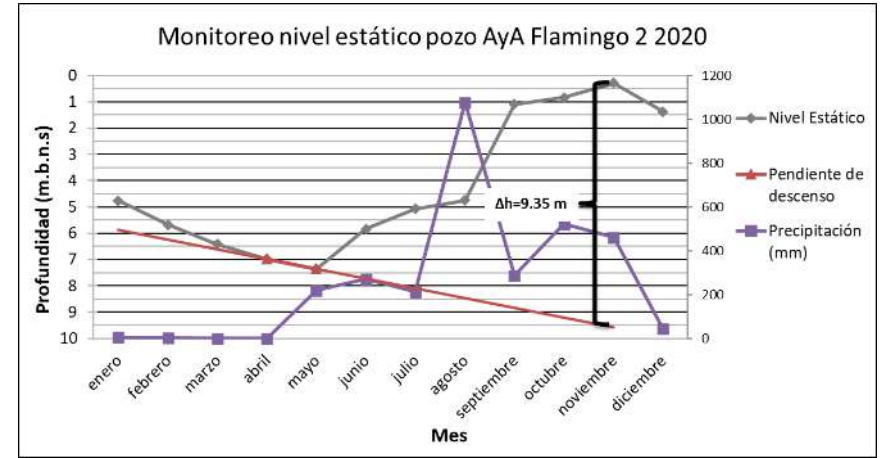
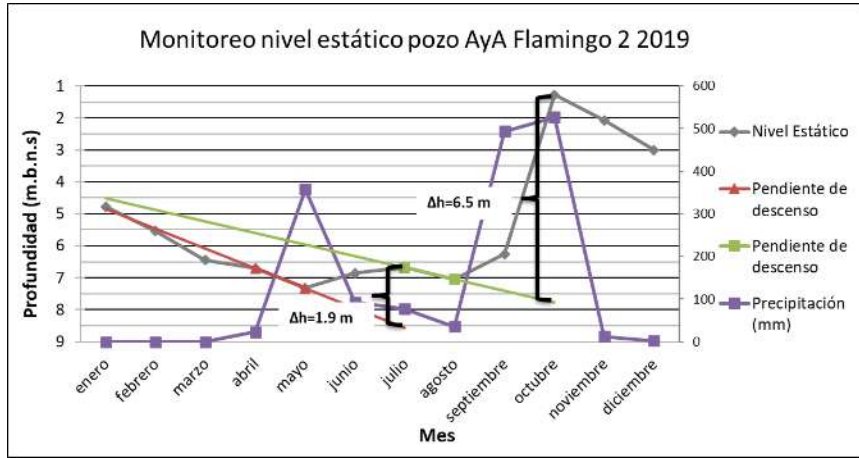


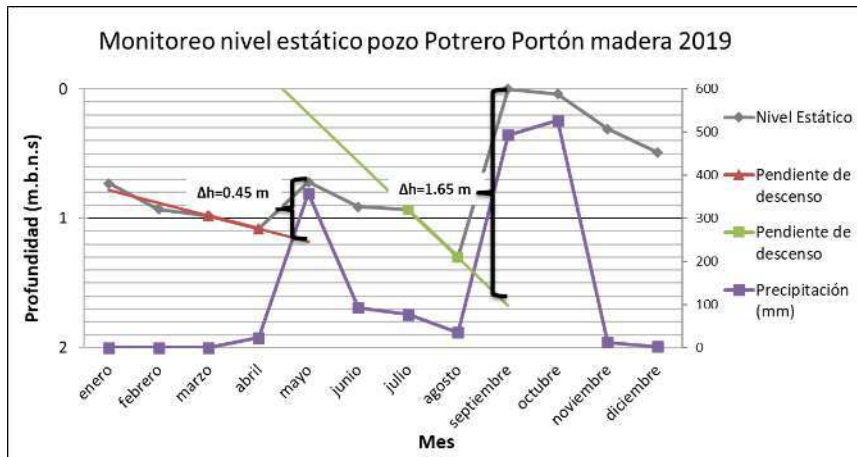
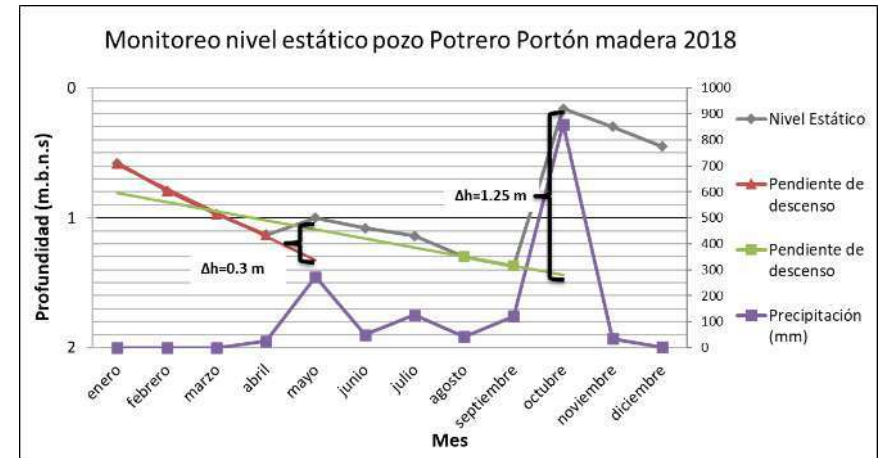
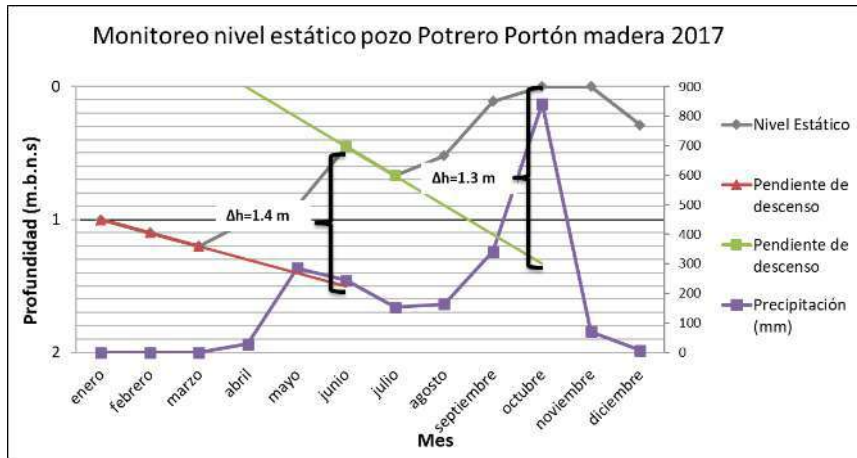


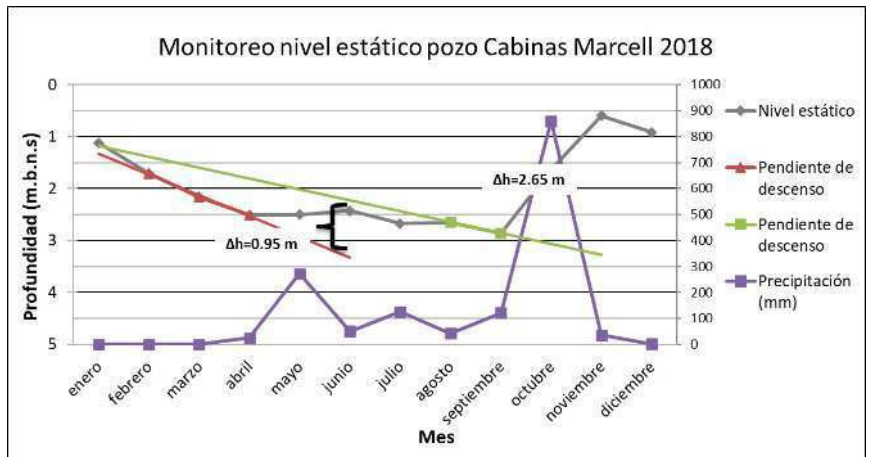
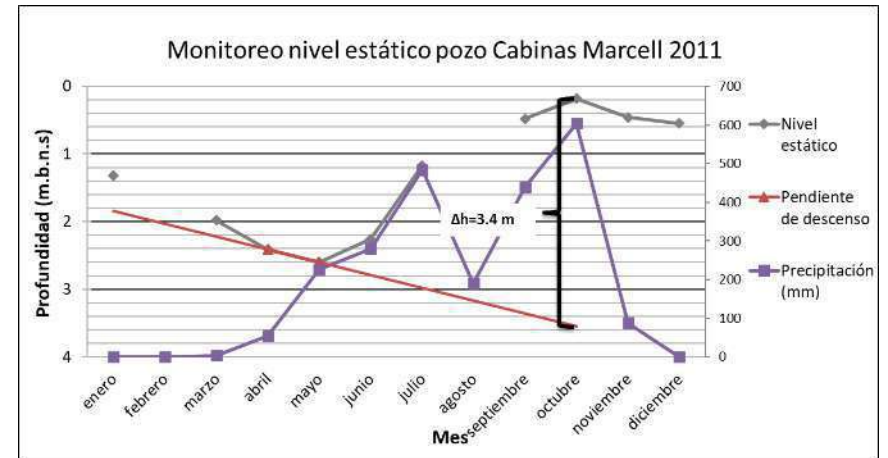
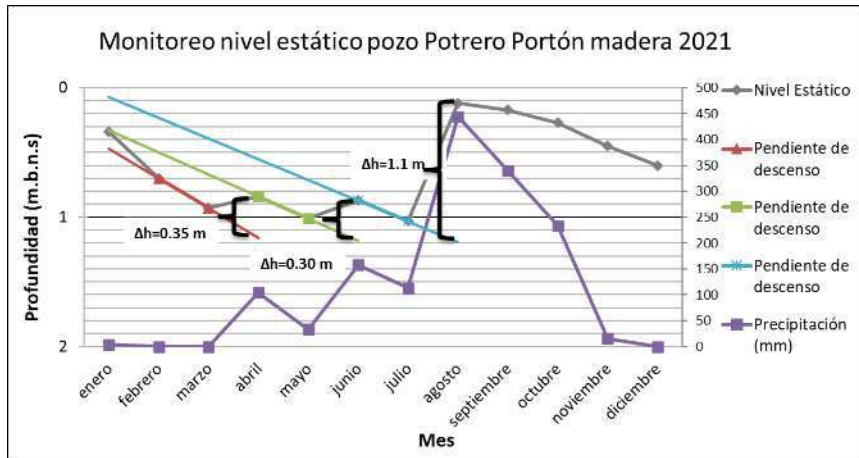


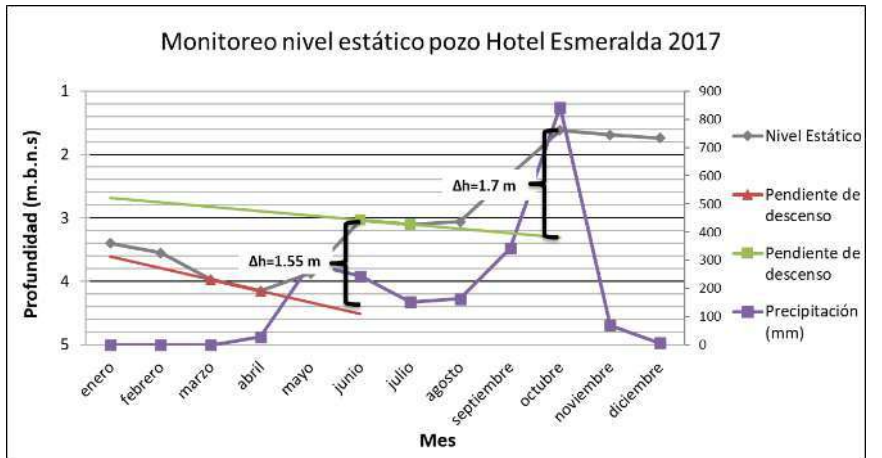
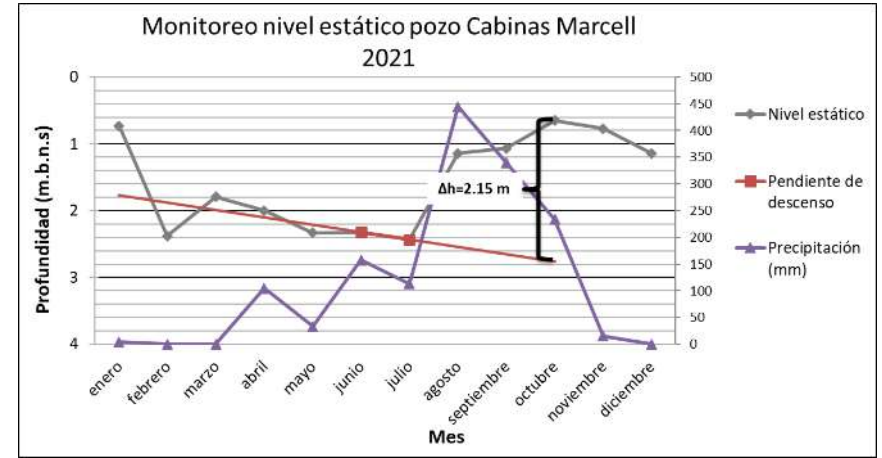


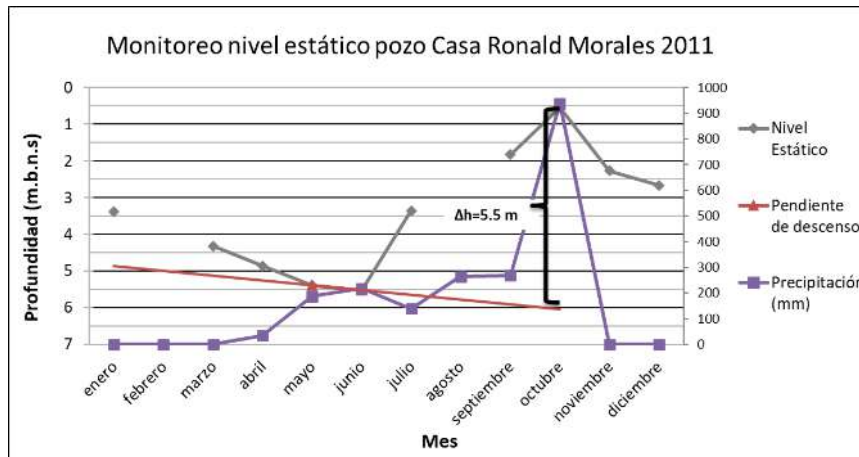
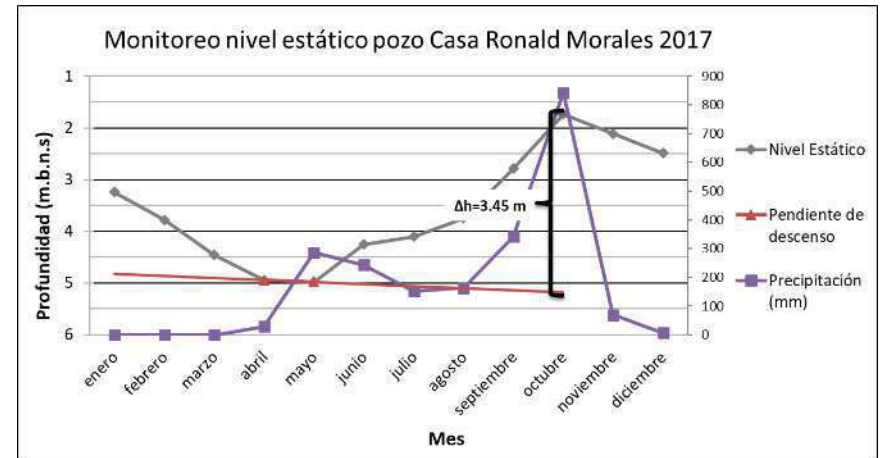
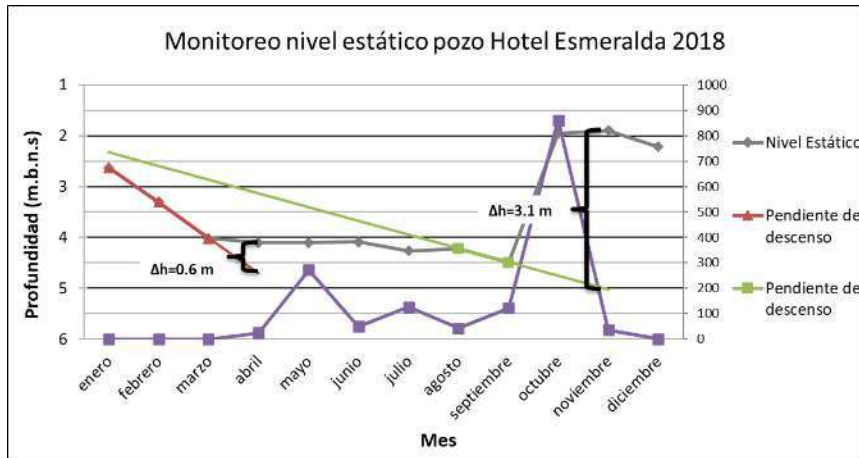


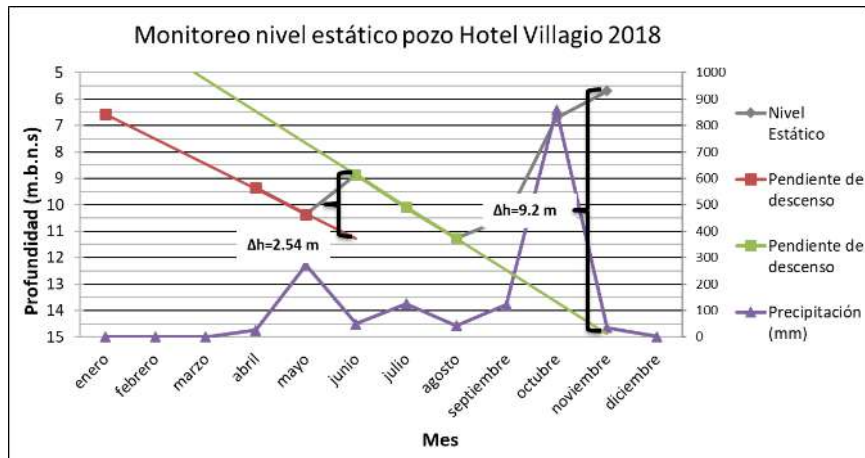












Anexo 4: Informes de análisis de calidad de aguas en los pozos de la red de muestreo del acuífero Potrero.

Anexo 5: Producción mensual de los pozos del AyA y ASADAS en el Acuífero Playa Potrero, aportada por la UEN Optimización de Sistemas – Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos.

Volumen Estimado de extracción en m³/mes, reportado por pozos 2020

Operador	Cuenca	Aprovechamiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Playa Potrero	Pilas	Pozo 1	6958	4610	3996	7255	1782	2117	657	24770	4146	3690	4729	1909
Playa Potrero	Guapes	Pozo 2	2999	1987	1723	3128	768	912	283	10678	1787	1591	2039	823
Playa Potrero	Cucaracha	Pozo Huerta	11476	7603	6591	11967	2938	3491	1083	40855	6839	6086	7800	3149
Surfside	Cucaracha	Pozo 1 y 2	32110	26713	31102	24703	18449	10338	14875	17501	16982	13304	17173	24852
Flamingo AyA	Cucaracha	Pozo Potrero 1	5502	12060	1331	997	7872	7619	7872	9057	11717	9057	8765	8973
Flamingo AyA	Cucaracha	Pozo Potrero 2	11908	26100	2881	2157	17037	16487	17037	19602	25358	19602	18969	19418
Lomas de Pacifico	Cacao	Pozo 1	2748	3421	2229	2229	1581	855	933.12	1114.56	959.04	984.96	1140.48	2073.6

Fuente: UEN Optimización de Sistemas – Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos del AyA.

Volumen Estimado de extracción en m³/mes, reportado por pozos 2021

Operador	Cuenca	Aprovechamiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Playa Potrero	Pilas	Pozo 1	3759	850	3383	4085	5632	3231	3775	1014	1156	1379	272	1019
Playa Potrero	Guapes	Pozo 2	1620	366	1458	1761	2428	1393	1628	437	498	595	117	439
Playa Potrero	Cucaracha	Pozo Huerta	6200	1402	5580	6738	9289	5329	6227	1673	1907	2275	448	1680
Surfside	Cucaracha	Pozo 1 y 2	24509	25396	33334	25834	23519	20491	20508	19810	13945	16917	27083	29754
Flamingo AyA	Cucaracha	Pozo Potrero 1	0	0	0	24106	24909	0	0	0	0	0	0	0
Flamingo AyA	Cucaracha	Pozo Potrero 2	28391	26369	29195	28253	29195	36560	33480	36560	52272	30802	17885	30802
Lomas de Pacifico	Cacao	Pozo 1	2618	2488	2851	2177	2048	1400	1918.08	1296	1347.84	1477.44	2332.8	3162.24

Fuente: UEN Optimización de Sistemas – Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos del AyA.

Volumen de extracción en m³/mes, reportado por pozos ENERO - JUNIO 2022

Operador	Cuenca	Aprovechamiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Playa Potrero	Pilas	Pozo 1	2205	1759	7712	345	5577	1134	0	0	0	0	0	0
Playa Potrero	Guapes	Pozo 2	125	830	4256	1530	937	397	0	0	0	0	0	0
Playa Potrero	Cucaracha	Pozo Huerta	4955	6952	5175	3745	5257	4812	0	0	0	0	0	0
Surfside	Cucaracha	Pozo 1 y 2	33579	32390	39717	33323	21972	19972	0	0	0	0	0	0
Flamingo AyA	Cucaracha	Pozo Potrero 1	11249	12096	12588	11923	12321	0	0	0	0	0	0	10981
Flamingo AyA	Cucaracha	Pozo Potrero 2	29730	24434	26248	24106	25713	25402	26784	24641	23846	19017	19181	19820
Lomas de Pacifico	Cacao	Pozo 1	3393	3348	3794	2991	1518	1518	0	0	0	0	0	0

Fuente: UEN Optimización de Sistemas – Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos del AyA.