



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería

Dirección Nacional
de Minería y Geología

SISTEMA ACUÍFERO RAIGÓN

SÍNTESIS DEL CONOCIMIENTO

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y MINERÍA

DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA Y GEOLOGÍA

ÁREA GEOLOGÍA



SÍNTESIS DEL CONOCIMIENTO DEL SISTEMA ACUÍFERO RAIGÓN

Geología, Hidrogeología e Hidroquímica



Ministerio
**de Industria,
Energía y Minería**



Ministerio
**de Industria,
Energía y Minería** | Dirección Nacional
de Minería y Geología

ÁREA GEOLOGÍA

Abril 2024

Agradecimientos y reconocimiento:

Agradecer a las instituciones Dirección Nacional de Aguas (Dinagua) y Obras Sanitarias del Estado (OSE) por su importante colaboración al suministrar valiosa información.

Al Msc./Lic. en Geología Roberto Carrión y al Licenciado en Geología Andrés Pérez por su revisión del Informe y valiosos comentarios y sugerencias

Un reconocimiento especial a todos los Técnicos de la antigua División Aguas Subterráneas de Dinamige por sus trabajos pioneros en el estudio y monitoreo del acuífero Raigón.

“AGUAS SUBTERRÁNEAS: hacer visible lo invisible”
(Naciones Unidas-Reporte Recursos Hídricos-2022)

Autores: Javier Techera y Diego Izquierdo

Colaboradores:

Análisis químicos: Dra. Química Cecilia Geisenblosen y Laboratorio de Tecnogestión

Ayudante: Alfredo Migues

Choferes: Gerardo Nagy, José Parga y Gustavo Vilches

Montevideo, abril de 2024

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DEL SAR	2
3.	GEOLOGÍA SUPERFICIAL DEL SAR	5
3.1.	Contexto Geológico	5
4.	MODELO DE ACUÍFERO Y DE FLUJO – ANTECEDENTES	8
5.	MONITOREO HISTÓRICO DEL SAR	11
6.	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE LAS PERFORACIONES	16
6.1.	Base de datos de perforaciones utilizada	16
6.2.	Distribución /densidad de perforaciones	16
6.3.	Estimación de extracción de agua subterránea del SAR	17
6.4.	Profundidad, caudales y caudales específicos de perforaciones en el SAR	20
7.	GEOLOGÍA DE SUB-SUPERFICIE Y GEOMETRÍA DEL SAR	23
7.1.	Cobertura del SAR	23
7.2.	Piso del SAR	24
7.3.	Espesor del SAR	25
7.4.	Niveles arenosos y pelíticos del SAR	26
7.4.1.	Espesor individual de los niveles permeables	27
7.4.2.	Cantidad/espesor total de niveles permeables por perforación	28
7.4.3.	Cantidad/espesor total de niveles pelíticos por perforación	30
7.5.	Modelo hidrogeológico	32
7.6.	Niveles permeables del piso del SAR	34
8.	HIDROQUÍMICA DEL AGUA DEL SAR	35
8.1.	Datos físico-químicos del agua en el SAR	35
8..2.	Materiales y métodos	36
8..3.	Tipos de agua del SAR	37
8.3.1.	Aguas bicarbonatadas del acuífero Raigón	39
8.3.2.	Aguas bicarbonatadas del acuífero Chuy	39
8.3.3.	Aguas Cloruradas del SAR	40
8.4.	Flúor y fósforo en el agua del SAR	41
8.5.	Dureza del agua en el SAR	41
8.6.	Calidad de agua para riego en el SAR	42
8.7.	Conductividad eléctrica del agua del SAR	43
8.8.	Hidroquímica del agua del SAR y su relación con la geología e hidrogeología	45

9.	EL ARSÉNICO EN EL SISTEMA ACUÍFERO RAIGÓN	53
9.1.	El arsénico en las aguas subterráneas	54
9.2.	Mineralogía de las formaciones Raigón y Libertad	58
9.2.1.	Formación Raigón-mineralogía	58
9.2.2.	Formación Libertad-mineralogía	61
9.2.3.	Vidrio volcánico en la formación Libertad	62
9.3.	Contenido de arsénico en sedimentos del SAR y Unidades relacionadas	67
9.3.1.	Materiales y métodos	67
9.3.2.	Resultados obtenidos	69
9.4.	Contenido y distribución espacial de As en el agua del SAR	73
9.4.1.	Materiales y Métodos	73
9.4.2.	Resultados del Contenido/distribución de As en el agua de la región del SAR	75
9.4.2.1.	Zona Centro-Sur	76
9.4.2.2.	Zona NE-Río San José	79
9.4.2.3.	Zona NW-Arroyo Pereira	80
9.4.2.4.	Zona Ciudad del Plata	80
9.4.2.5.	Zona Paso del Carretón	81
9.4.3.	Variaciones temporales de As en el agua del SAR	82
9.4.4.	Variación del contenido de As según el caudal	85
9.4.5.	Contenido de As en diferentes niveles permeables	86
9.5.	Fuentes potenciales de arsénico en el SAR	88
9.6.	Factores relacionados a la distribución espacial de arsénico en el SAR	91
10.	Bibliografía	95

INDICE DE FIGURAS, CUADROS Y LÁMINAS

Figura 1	Extensión del SAR aflorante y sub-aflorante	2
Figura 2	Zona del SAR y elementos geográficos	3
Figura 3	Relieve del área del SAR	4
Figura 4	Carta geológica de la región del SAR	7
Figura 5	Cantidad de medidas de niveles estáticos por campaña realizadas entre 1986-2023	11
Figura 6	Ubicación de la red de monitoreo histórica de Dinamige en el SAR	12
Figura 7	Mapa potenciométrico del SAR	13
Figura 8	Ejemplo de análisis de variaciones de los niveles estáticos durante campañas de monitoreo	14
Figura 9	Variaciones temporal de nivel estático en perforaciones seleccionadas	15
Figura 10	Mapa de distribución/densidad de perforaciones en el SAR	17
Figura 11	Distribución de los volúmenes de extracción anual de agua subterránea en el SAR	19
Figura 12	Distribución y análisis estadísticos de profundidades en perforaciones en el SAR	20
Figura 13	Distribución y análisis estadísticos de caudales en perforaciones en el SAR	21
Figura 14	Distribución y análisis estadísticos de caudales específicos en perforaciones en el SAR	22
Figura 15	Variación espacial de caudales específicos en el SAR	22
Figura 16	Espesor de la cobertura del SAR	24
Figura 17	Carta de cota del piso del SAR y unidades sobre el cual se apoya.	25
Figura 18	Carta de isoespesores del SAR	26
Figura 19	Variación del espesor de los niveles permeables en las perforaciones del SAR	27
Figura 20	Cantidad de niveles permeables en perforaciones del SAR	28
Figura 21	Espesor de material areno-graviloso en las perforaciones del SAR	29
Figura 22	Distribución espacial de cantidad y espesor total de los niveles permeables del SAR	29
Figura 23	Cantidad de niveles pelíticos en perforaciones del SAR	30
Figura 24	Espesor de niveles pelíticos en las perforaciones del SAR	31
Figura 25	Ejemplos de perforaciones con zona acuífera tipo monocapa y tipo multicapa	33
Figura 26	Ejemplos de perforaciones que captan agua subterránea del materiales del piso del SAR	34
Figura 27	Carta de ubicación de perforaciones con datos físicos y/o químicos de agua del SAR	36
Figura 28	Distribución del agua del SAR en el diagrama de Piper	38
Figura 29	Distribución espacial de tipos de agua en la región del SAR	38
Figura 30	Distribución de valores de dureza en el agua del SAR y cuadro estadístico	42
Figura 31	Diagrama de aptitud para riego de las clases de agua bicarbonatadas del SAR	43
Figura 32	Distribución y estadísticos de los valores d conductividad en el SAR	44
Figura 33	Variación espacial de la conductividad del agua en la región del SAR	44
Figura 34	Zonificación hidrogeológica/hidroquímica del SAR	45
Figura 35	Variación espacial de la relación Na/Ca+Mg de aguas bicarbonatadas del SAR	46
Figura 36	Relaciones iónicas de muestras de agua bicarbonatadas de la región Centro-Sur del SAR	48
Figura 37	Variación de la conductividad en el agua del SAR y su relación con la geología e hidrogeología	50
Figura 38	Medición con pFRX de muestras de testigos de perforación	68
Figura 39	Correlación entre valores de As medidos con pFRX e ICP-MS	68
Figura 40	Distribución de contenido de As en las formaciones Libertad y Raigón	70
Figura 41	Variación del contenido de As en sedimentos de tramos de perforaciones	71
Figura 42	Ubicación de perforaciones con datos de arsénico en agua subterránea	74

SISTEMA ACUÍFERO RAIGÓN: SÍNTESIS DEL CONOCIMIENTO

Figura 43	Distribución y estadística de arsénicos en agua de la región del SAR	75
Figura 44	Distribución espacial del contenido de arsénico en el SAR	76
Figura 45	Distribución de los valores de As en la zona Centro-Sur	77
Figura 46	Variación temporal del contenido de arsénico en las perforaciones de seguimiento	83
Figura 47	Contenido de As total en muestras recogidas a diferentes tiempos y caudales	85
Figura 48	Perfil litológico y constructivo de las perforaciones 90.3.031 y 90.3.032	87
Figura 49	Contenido/distribución espacial de arsénico en la Sub-Zona de Kiyú	92
Figura 50	Espesor de cobertura , contenido de bicarbonato y cloruro y valor de CE en Sub-Zona de Kiyú	93
Cuadro 1	Cuadro Hidro-Estratigráfico de la región de del SAR	5
Cuadro 2	Datos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del SAR	9
Cuadro 3	Valores de recarga del SAR estimada por distintos trabajos	9
Cuadro 4	Estimación de la extracción anual de agua subterránea en el SAR	10
Cuadro 5	Estimación de extracción de agua subterránea por uso	18
Cuadro 6	Cantidad de muestras de agua con datos físico-químicos por fuente	35
Cuadro 7	Métodos utilizados en la determinación de parámetros físicos-químicos	37
Cuadro 8	Tipos de agua en el SAR	37
Cuadro 9	Parámetros estadísticos según tipo de agua bicarbonatada del SAR-acuífero Raigón.	39
Cuadro 10	Parámetros estadísticos comparativos de aguas bicarbonatadas del acuífero Raigón y Chuy	40
Cuadro 11	Parámetros estadísticos según tipo de agua bicarbonatada del SAR-acuífero Chuy.	40
Cuadro 12	Parámetros estadísticos de aguas cloruradas del SAR	41
Cuadro 13	Valores de P total y Flúor en las aguas del SAR	41
Cuadro 14	Valores de As en rocas y minerales.	56
Cuadro 15	Minerales livianos en arena de la formación Raigón (Andreis & Mazzoni -1967)	59
Cuadro 16	Minerales pesados en arena de la formación Raigón (Andreis & Mazzoni -1967)	59
Cuadro 17	Minerales/fragmentos en arena y gravilla de la formación Raigón (Pérez M.-1997)	60
Cuadro 18	Minerales livianos y pesados en arena fina de la formación Raigón (Pérez M.-1997)	60
Cuadro 19	Minerales livianos y pesados en la arena fina de la formación Libertad (Pérez M.-1997)	61
Cuadro 20	Listado de perforaciones analizadas con pFRX	67
Cuadro 21	Valores de arsénico en Unidades/litologías de la región del SAR	69
Cuadro 23	Tabla con cantidad de datos de arsénico en agua subterránea por fuente	73
Cuadro 24	Elementos químicos y límite de detección ($\mu\text{g/L}$) determinados por ICP-MS	74
Cuadro 25	Datos estadístico del contenido de arsénico (en $\mu\text{g/L}$) en agua de la zona Centro-Sur	76
Cuadro 26	Valores promedio de parámetros físico-químico y arsénico de la Zona Centro-Sur	78
Cuadro 27	Correlación significativa entre As y parámetros físico-químicos de la Zona Centro-Sur	78
Cuadro 28	Valores promedio de metales trazas de la Zona Centro-Sur	78
Cuadro 29	Correlación entre As y otros metales trazas de la Zona Centro-Sur	79
Cuadro 30	Valores de arsénico en $\mu\text{g/L}$ de la Zona NE y sub-zonas.	80
Cuadro 31	Valores de arsénico en $\mu\text{g/L}$ de la Zona NW	80
Cuadro 32	Valores de arsénico en $\mu\text{g/L}$ de la Zona de Ciudad del Plata	81
Cuadro 33	Datos de arsénico e hidrogeología de la zona Paso del Carretón	81
Cuadro 34	Estadística del contenido y variación de As en las perforaciones de seguimiento	82

Cuadro 35	Valor del contenido de arsénico de perforaciones con muestreo repetido en distintas fechas	84
Cuadro 36	Contenido y variación de arsénico total (en µg/L) en perforaciones de la zona de Kiyú	84
Cuadro 37	Valores promedios de algunos elementos en el loess Pampeano y en la Formación Libertad.	90
Cuadro 38	Factores de correlación entre elementos seleccionados de muestras analizadas con pFRX	91
Lámina 1	Microfotografías de arena muy fina/limo de material de la formación Libertad	65
Lámina 2	Microfotografías de arena muy fina/limo de material de la formación Libertad	66

ANEXO

102

Tabla 1	Datos hidráulicos de perforaciones de Dinamige
Tabla 2	Perfiles litológicos de perforaciones de Dinamige
Tabla 3	Datos hidráulico de perforaciones de Dinagua
Tabla 4	Perfiles litológicos de perforaciones de Dinagua
Tabla 5	Datos hidráulicos de perforaciones de Prenader
Tabla 6	Perfiles litológicos de perforaciones de Prenader
Tabla 7	Datos hidráulicos de perforaciones de OSE
Tabla 8	Perfiles litológicos de perforaciones de OSE
Tabla 9	Datos hidráulicos de perforaciones de Consultora Carballo-INYPSA
Tabla 10	Resultados de parámetros físico-químicos de aguas del SAR-Dinamige
Tabla 11	Resultados de parámetros físico-químicos de aguas del SAR (Proyecto RLA/8/031)
Tabla 12	Resultados de parámetros físico-químicos de aguas del SAR (Consultora Carballo-INYPSA)
Tabla 13	Datos físico-químicos de perforaciones de OSE
Tabla 14	Resultados de análisis de metales trazas de agua del SAR-Dinamige
Tabla 15	Resultados de análisis de metales trazas en perforaciones de seguimiento-Dinamige
Tabla 16	Resultados de metales en perforaciones de OSE
Tabla 17	Resultados de parámetros físicos y de arsénico del trabajo de Tesis de Guérèquiz R.
Tabla 18	Resultados de medidas con pFRX y análisis con ICP-MS de muestras de testigos
Tabla 19	Resultados de medidas con pFRX en litologías de la formación Libertad y suelo

1. INTRODUCCIÓN

El sistema acuífero Raigón (SAR) posiblemente sea el acuífero más estudiado del País, por lo que cuenta con un importante volumen de información. Diferentes trabajos, proyectos, tesis y publicaciones como los realizados por Dinamige, el proyecto Prenader (Consultora Carballo-INYPSA), el proyecto RL8/031 financiado por la IAEA, los proyectos del IMFIA-Udelar, entre otros, han permitido mejorar el conocimiento de este recurso hídrico subterráneo.

El presente informe pretende realizar una síntesis de la copiosa información que existe del Sistema Acuífero Raigón (SAR) y contribuir al conocimiento del mismo con nueva y reprocesada información.

En una primera parte, luego del capítulo de información de las características del área del SAR, se realiza una síntesis del conocimiento de algunos aspectos de este acuífero a partir de los antecedentes, como geología superficial, modelo físico y de flujo, recarga y descarga y volúmenes de extracción.

Posteriormente se realiza una síntesis del seguimiento de los niveles estáticos que viene ejecutando la Dinamige por más de 35 años.

A continuación se efectúa un análisis de datos hidráulicos de un número importante de perforaciones, para caracterizar los caudales y caudales específicos típicos del SAR y una estimación del volumen anual de extracción de agua subterránea del acuífero.

En el siguiente capítulo se analiza la estratigrafía/litología de sub-superficie y la geometría del acuífero y su relación con la hidrogeología.

Por último se aborda los aspectos de la físico-química del agua del acuífero a partir de datos de antecedentes y generados en este proyecto, con una última parte en donde se estudia la presencia de arsénico, sus valores, distribución y posibles fuentes.

2. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DEL SAR

El área del presente informe corresponde al SAR localizado al Sur de la ciudad de San José, que ocupa una área entre acuífero aflorante y subaflorante de unos 1800 km². Sedimentos de la formación Raigón, continúan al N-NE de la localidad de Rodríguez según la cartografía geológica (Spoturno et al. - 2004) ocupando para esta zona, la unidad geológica aflorante y subaflorante aproximadamente unos 330 km² más. Para este trabajo sólo se considerará la región comprendida al sur de la ciudad de San José, donde se cuenta con mayor información hidrogeológica, hidroquímica e geológica, incluyendo el monitoreo histórico del acuífero. (Ver Figura 1)

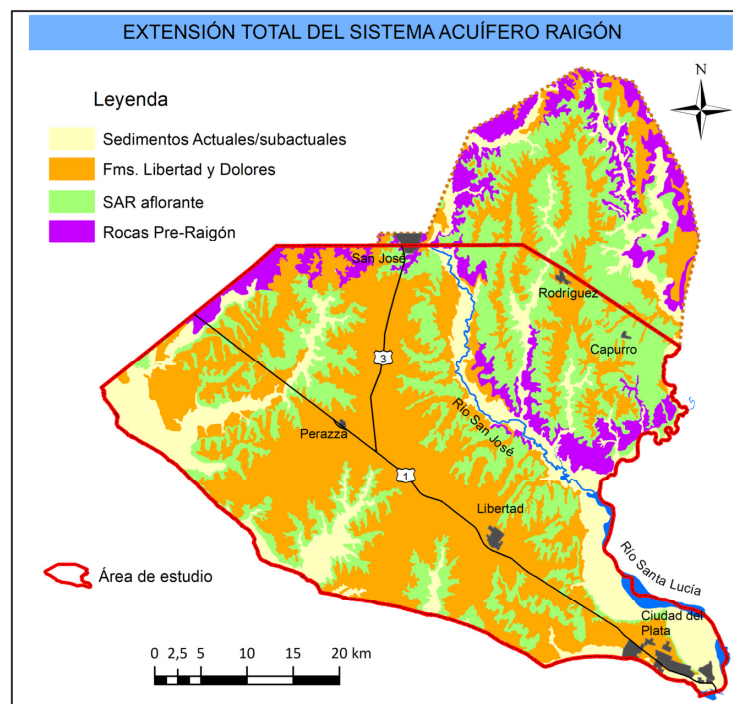


Figura 1: Extensión del SAR aflorante y sub-aflorante, simplificado de Spoturno et al. -2004

En el área de estudio viven unas 50.000 personas en los centros poblados y algunas miles en la zona rural. Las localidades más grandes son Ciudad del Plata y Libertad con más del 80 % de la población total del área. Localidades menores con más de mil habitantes son Rodríguez, Puntas de Valdez y Rafael Perazza. Y varias localidades de algunos cientos de habitantes como Villa María, Capurro, Pueblo Nuevo, Kiyú, Rincón del Pino, etc. (Censo INE -2011).

La red vial del área es muy buena con cuatro rutas nacionales (rutas 1, 3, 11 y 45) y una densa caminería de pavimento granular.

La principal actividad económica es la agropecuaria con tambos y cría de ganado, y la agricultura con cultivo de cereales, oleaginosas, forrajes, horticultura (en especial papas) fruticultura (principalmente cítricos) y viticultura. También existen un número importante de industrias, concentradas principalmente en el eje de la ruta 1 entre Ciudad del Plata y Libertad.

El clima es templado, con temperaturas mínimas promedio de 6°C en invierno y temperaturas máximas promedio de 30 °C en verano. La precipitación media anual medida en la estación meteorológica Libertad en el periodo 1980-2009 fue de 1118 mm, con valores anuales extremos entre 770 y 1700 mm. [Castaño J. et. al - 2011 e Inumet]

Los principales cursos de agua son los ríos Santa Lucía y San José y los arroyos Luis Pereira, Pavón, Cagancha, San Gregorio, Mauricio, entre otros. (Ver Figura 2)



Figura 2: Zona del SAR y elementos geográficos

La región del SAR presenta un paisaje suavemente ondulado, con zonas planas hacia la costa del río de la Plata y en el este en la región del Delta del Tigre. Las alturas están comprendidas entre los 20 y 50 metros s.n.m., con una pequeña región de más de 60 m en el NE y zonas bajas con alturas menores de 10 m en la costa y en el extremo este. La principal divisoria de agua superficial por donde se ubica aproximadamente las ruta 1 y 3, separa las cuencas del río Santa Lucía y del Río de la Plata. Ver Figura 3

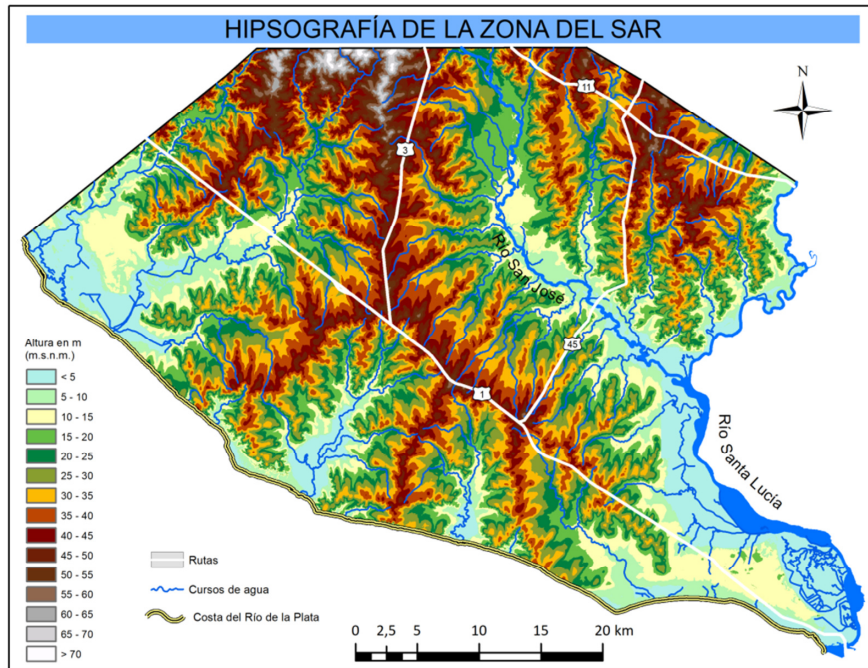


Figura 3: Relieve del área del SAR (procesado a partir del MDT del IDE-Uruguay)

3. GEOLOGÍA SUPERFICIAL DEL SAR

En este capítulo se presentará una síntesis de la geología superficial del SAR en base a los antecedentes cartográficos, estratigráficos y litológicos existentes. En el Capítulo 7 se retomará el tema pero vinculado a aspectos de la geología de sub-superficie y la geometría del acuífero.

3.1. Contexto Geológico

El SAR está integrado por materiales permeables y estratos pelíticos intercalados de las formaciones Raigón y Chuy con conexión hidráulica lateral. El piso del sistema acuífero está representado según las zonas por las formaciones Fray Bentos, Camacho y Basamento Cristalino. La mayor parte del SAR está cubierto por sedimentos pelíticos de las formaciones Libertad y Dolores, además de sedimentos limo-arcillosos y arenosos más jóvenes (Cuadro 1).

ERA	PERIODO	ÉPOCA	UNIDAD
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Actual /sub-actual
		Holoceno	Villa Soriano
		Pleistoceno tardío	Dolores
		Pleistoceno medio	Chuy
		Pleistoceno inf-medio	Libertad
	Neógeno	Plioceno (?)	Raigón
		Mioceno tardío	Camacho
	Paleógeno	Oligoceno tardío	Fray Bentos
	Paleoproterozoico		
	Cobertura		
	SAR		
	Piso		

Cuadro 1: Cuadro Hidro-Estratigráfico en la región de del SAR

A continuación se presenta un resumen de las unidades aflorantes de la región de SAR en base a los trabajos de cartografía geológica de Spoturno J. et al. - 2004 y Spoturno J. 1995 en Carballo-INYPSA (Ver carta geológica en la Figura 4):

Basamento Cristalino (Paleoproterozoico)

El basamento está integrado por diferentes litologías, principalmente en la región del SAR por granitoides y rocas ígneo-metamórficas. Forma parte del cratón del Río de la Plata y está aflorando en la zona oeste y noroeste.

Formación Fray Bentos (Oligoceno tardío)

Se trata de depósitos continentales, fluviales, flujos gravitacionales y eólico, integrado por areniscas de granulometría variable principalmente finas, limolitas loessicas, y areniscas conglomerádicas a conglomerados. De color rosado a anaranjado, con frecuente cemento carbonático. Aflora principalmente en el sector NE, en especial en las terrazas y valles de los ríos San José y Santa Lucía.

Formación Camacho (Mioceno tardío)

Está integrada por sedimentos de origen marino-litoral, relacionados a un ascenso del nivel del mar (Ingresión Entrerriana). Las litologías principales son areniscas finas a muy finas blancas, limolitas arenosas y arcillitas en general verdosas a grisáceas ricas en fósiles y sedimentos biodetríticos. Solo aflora unos pocos metros de potencia en la base de las barrancas costeras del Río de la Plata.

Formación Raigón (Plioceno-Pleistoceno?)

Integrada por arenas finas a medias con frecuente matriz pelítica, arenas gruesa gravillosa y gravilla de colores beige a gris claro. Se intercalan en forma frecuente niveles de limolitas a limolitas arcillosas con arena de colores grises y gris verdoso. Se interpretan como sedimentos generados en un ambiente fluvial con posibles episodios litorales.

Las mejores exposiciones verticales están ubicadas en las barrancas del Río de la Plata. Para el resto del área los afloramientos son rasos, en especial en el sector NE y asociados espacialmente a los valles de los cursos de agua mayores.

Formación Libertad (Pleistoceno inferior-medio)

Sedimentos pelíticos de origen continental, eólicos y material removilizado tipo flujo de barro. Es la unidad más extendida del área, pero las exposiciones son muy escasas debido a la presencia continua de suelo de textura franco limo-arcilloso. Las mejores exposiciones verticales están ubicadas en las barrancas costeras.

En general ocupa las zonas altas y laderas medio-altas de la región. Litológicamente está integrada por pelitas, arcillitas, limo arcillitas y limos loésicos. Además de limo-arcilla con abundante arena y gravilla (Lodolitas). Predominan los colores de diferentes tonalidades de marrón.

Formación Chuy (Pleistoceno)

Depósitos marinos-transicionales, vinculados a un evento transgresivo, integrado por cuerpos de arenas finas a gruesas con niveles gravillosos de color blanco y amarillento, con intercalación de niveles de limo-arcilla y arenas fina con matriz pelítica de color gris-verdoso.

Los principales afloramientos se ubican en las barrancas al norte de la localidad de Rincón de la Bolsa y en los perfiles de las canteras de arena de dicha localidad.

Formación Dolores (Pleistoceno tardío)

Depósito continental, integrado por sedimentos limo-arcillosos a limo loésicos arenosos y lodolitas, de colores amarronados y grisáceos. Se presenta topográficamente en planos o terrazas altas y los afloramientos son muy escasos, ya que está sistemáticamente cubierta por suelo. Su mayor expresión areal se da en los planos altos de la región sureste y en terrazas altas vinculadas a los entalles de los principales cursos de agua.

Formación Villa Soriano (Holoceno)

Depósitos no consolidados producto de procesos transgresivos y las litologías que predominan son: arenas finas, arenas finas con variable contenido de arcilla de colores blanco a grisáceos y limo-arcillas y arcillas de tonalidades gris a negro y abundante materia orgánica. Su ubicación está asociada a la faja costera y a las planicies fluviales cerca de la desembocadura en el río de la Plata de los principales cursos de agua

Depósitos sub-actuales/actuales (Holoceno)

Sedimentos post Villa Soriano, de granulometría variable desde arcillas hasta arenas, vinculados a depósitos fluviales, litorales, de bañados, etc.

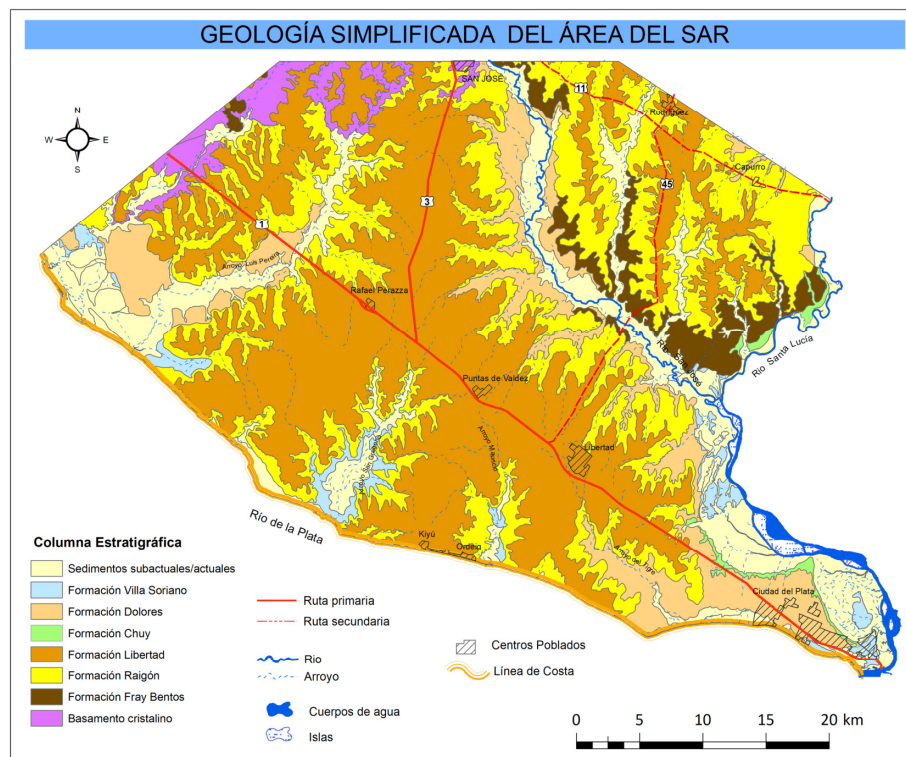


Figura 4: Carta geológica de la región del SAR (modificada de Spoturno J. et al. 2004)

4. MODELO DE ACUÍFERO Y FLUJO - ANTECEDENTES

El Sistema Acuífero Raigón (SAR) está integrado por los niveles permeables de la formación Raigón y en el extremo este por los sedimentos permeables de la formación Chuy interconectados hidráulicamente. [Consultora Carballo-INYPSA - 1995].

El conjunto sedimentario Raigón-Chuy, se apoya sobre la formación Camacho en el sur, la formación Fray Bentos en el norte y rocas del basamento cristalino en el extremo W-NW [Proyecto RLA/8/031].

Los niveles permeables varían desde arenas finas con frecuente matriz pelítica hasta arenas muy gruesas y gravilla. Con tendencia estrato y grano-decreciente.

Estos niveles están frecuentemente separados por estratos pelíticos de espesor variable, que le confieren al acuífero un comportamiento de tipo sistema multicapa, interrelacionados entre sí [Consultora Carballo-INYPSA - 1995, Proyecto RLA/8/031].

Una importante parte del SAR está cubierto por sedimentos pelíticos Cuaternarios de las formaciones Libertad y Dolores en el extremo SE.

Se trata de un sistema hidráulico mixto: libre, semiconfinado o confinado. La respuesta general del acuífero a las precipitaciones muestra un comportamiento de acuífero libre [Proyecto RLA/8/031].

El sistema está dividido en dos regiones, la depresión sur y la norte separadas por un entalle ubicado aproximadamente en el río San José y sin conexión hidráulica entre ambas. [Consultora Carballo-INYPSA - 1995].

Los parámetros hidráulicos han sido estimados a partir de varios ensayos de bombeo y aforos en distintas zonas del SAR. En el Cuadro 2 se muestran una recopilación de los resultados publicados en distintos trabajos, donde se observa una importante dispersión de la transmisividad calculada.

Son varias las posibles causas de estas variaciones importantes en la transmisividad, como mal diseño constructivo de las perforaciones testeadas o modelo del acuífero no correcto [Consultora Carballo-INYPSA - 1995]. Además varios de los datos se estimaron solo con información de descenso en el propio pozo ensayado (aforos).

Pero también pueden reflejar, al menos en parte, la heterogeneidad del propio sistema acuífero, debido a cambios estratigráficos y/o litológicos aun en cortas distancias (ver Capítulo 7).

Los caudales alubrados más frecuentes están entre 7-30 m³/h, con una mediana de 17 m³/h y los caudales específicos entre 1-5 m³/h/m, con una mediana de 2,5 m³/h/m. (Ver Capítulo 6, para mayor detalle de estos parámetros)

Fuente	Nombre	Ubicación	X_utm	Y_utm	T m ³ /día	S	Tipo	Acuífero
Carballo-INYPSA	OSE	Puntas de Valdez	527702	6172715	288		A	Raigón
Carballo-INYPSA	Julio Delgado	Orilla del Plata	538978	6162744	330		A	Raigón
Carballo-INYPSA	Couste	Orilla del Plata	541137	6161039	230		A	Raigón
Carballo-INYPSA	OSE	Pueblo. Nuevo	551228	6188329	30		A	Raigón
Carballo-INYPSA	OSE	Rafael Perazza	519138	6179713	963		A	Raigón
Carballo-INYPSA	OSE	Libertad	534735	6167333	95		A	Raigón
Carballo-INYPSA	Fripur S.A.	Colonia Vicente Perez	516880	6169675	1000	3,0E-02	EB	Raigón
Carballo-INYPSA	Umpierrez	Villa Rodriguez	542605	6192890	1600		A	Raigón
Carballo-INYPSA	Dario Perazza	Cagancha	541456	6188675	600		A	Raigón
Carión-Heizen	Codalim S.A.	Tropa Vieja	549838	6158016	374	2,0E-04	EB	Chuy
DINAMIGE	La Rábida	Barrancas de Mauricio	536849	6158501	741	1,0E-04	EB	Raigón
Haile-Meskale	Torii	Tropa Vieja	547985	6157729	231		A	Chuy
Haile-Meskale	Toryal S.A.	Tropa Vieja	549358	6157162	132	1,0E-04	EB	Chuy
Haile-Meskale	C. Pérez	Colonia Italia	535478	6176001	138	8,0E-02	A*	Raigón
Haile-Meskale	Nestor Goldaraz	Colonia Wilson	542472	6156415	120	5,0E-02	A*	Raigón
Haile-Meskale	H. Sasson	Costas de San Gregorio	519010	6164721	348		A	Raigón
Haile-Meskale	La Rábida	Barrancas de Mauricio	536832	6158531	316		A	Raigón
INFIA	Rodriguez	Camino Mauricio	531705	6164209	660		A	Raigón
INFIA	Sassón	Libertad	532132	6166074	1190	2,0E-03	EB	Raigón
INFIA	Magdalena	Barrancas de Mauricio	537417	6155605	340	1,0E-02	EB	Raigón
INFIA	Moro	Sauce Chico	528170	6176777	110	1,0E-04	EB	Raigón
INFIA	Artola	Rincón de Buschental	544338	6170268	57	4,0E-03	EB	Raigón
INFIA	Escuela Nº 76	Colonia Wilson	543861	6158825	495	8,0E-06	EB	Raigón

EB = Ensayo de bombeo / A = Aforo / A* Aforo en pozo de gran diámetro

Cuadro 2: Datos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del SAR (modificado de Proyecto RLA/8/031)

Según los distintos trabajos la recarga del sistema se produce sobre toda el área del SAR tanto aflorante como cubierto. La misma se produce casi exclusivamente por la infiltración profunda del agua de lluvia. La recarga lateral por agua subterránea del acuífero fisurado del basamento en el N-NW y la recarga de los excedentes de riego no sería importante. Los valores estimados de recarga por los diferentes trabajos se presentan en el Cuadro 3, donde resalta la importante diferencia de los resultados alcanzados.

Fuente	Recarga mm/año	Recarga (m ³ /s)	% de la precipitación anual media	Método	Años considerados	Precipitación anual media (mm/año)	Área (km ²)
Carballo-INYPSA - 1995	290	16,5	25	Balance hídrico	1986-1994	1143,4	1800
RLA/8/031 - 2005	256	14,6	22	Balance hídrico de suelo	1980-2003	1167,1	1800
Flaquer A. - 2020	124*	8,8*	11*	Modelo estacionario calibrado	1987-2014	1130	2235*
Flaquer A. - 2020	128*	9,1*	11,3*	Modelo transitorio calibrado	1987-2014	1130	2235*
Flaquer A. - 2020	140	9,7	?	Modelo transitorio calibrado	2011-2014	?	2235*

* Valores aproximados calculados a partir de datos que presenta el Autor (Tablas 10-2, 10-5 y Figura 10-4)

Cuadro 3: Valores de recarga del SAR estimada por distintos trabajos

En principio se puede decir que la recarga del SAR estaría comprendida entre aproximadamente el 10 % y algo más del 20 % de la precipitación histórica media anual.

Si existe cierta coincidencia en cuanto a la importante variación de la recarga según los años considerados y el régimen de lluvias. La recarga se produce en forma difusa en todo el área del SAR y varía entre el 5 y 18 % de la precipitación anual promedio [Flaquer A. - 2020].

Por otra parte el trabajo del proyecto RLA/8/031 - 2005 estima que la recarga profunda promedio es de 260 mm (suelo promedio de 100 mm de agua disponible) con variaciones anuales que pueden ser muy importantes según el régimen pluviométrico de cada año considerado. Por lo que la misma podría variar desde no recarga profunda en años secos hasta el doble de la recarga promedio en años lluviosos.

Para todos los trabajos, la descarga del SAR se produce hacia los cursos de agua y a lo largo de la costa del Río de la Plata.

Según Flaquer A. - 2020 para el balance de masa en régimen estacionario la principal salida del sistema se produce a través de los cursos de agua (68 %), 22 % la descarga hacia el Río de la Plata (tomado como carga constante) y la extracción de pozos representa un 10 %.

La extracción total de agua subterránea estimada por diferentes trabajos se presenta en el Cuadro 4. Como se observa el valor estimado en el trabajo de Flaquer A. - 2020 representa aproximadamente el 50 % del valor estimado en el Proyecto RLA/8/031, lo que posiblemente esté relacionado con la dificultad de estimar la demanda por falta de información adecuada. Por otra parte la estimación del Proyecto RLA/8/031 y este trabajo están en el mismo orden de grandeza (ver estimación de extracción de agua en el Capítulo 6).

FUENTE	EXTRACCIÓN	
	10 ⁶ m ³ /año	m ³ /s
RLA/8/031 - 2005	33	1,05
Flaquer A. - 2020	15,1	0,48

Cuadro 4: Estimación de la extracción anual de agua subterránea en el SAR

El porcentaje de la recarga que representa la extracción de agua subterránea depende de qué valor de recarga y extracción se considere. Tomando los valores extremos, menor recarga y máxima extracción, este porcentaje está en el entorno del 11-13 %.

5. MONITOREO HISTÓRICO DEL SAR

El estudio de las aguas subterráneas del Uruguay en general y en particular del acuífero Raigón es una actividad pionera que ha desarrollado la Dinamige. El monitoreo piezométrico del SAR se viene ejecutando por este Organismo desde hace más de 35 años.

En el año 1986 se realizó un convenio entre Dinamige y la Universidad de Montreal (UQAM), en principio para el estudio de los acuíferos de la cuenca del río Santa Lucía. Durante el convenio los técnicos de la antigua División Aguas Subterráneas y la contraparte Canadiense, dada la importancia del acuífero Raigón, decidieron realizar un seguimiento en el tiempo de este recurso hídrico subterráneo.

La red de perforaciones definida en aquel momento fue variando por diferentes motivos. Las perforaciones, el número de las mismas y la periodicidad anual de la medidas fue diferente a lo largo del monitoreo histórico, con algunos años sin medidas (Ver Figura 5)

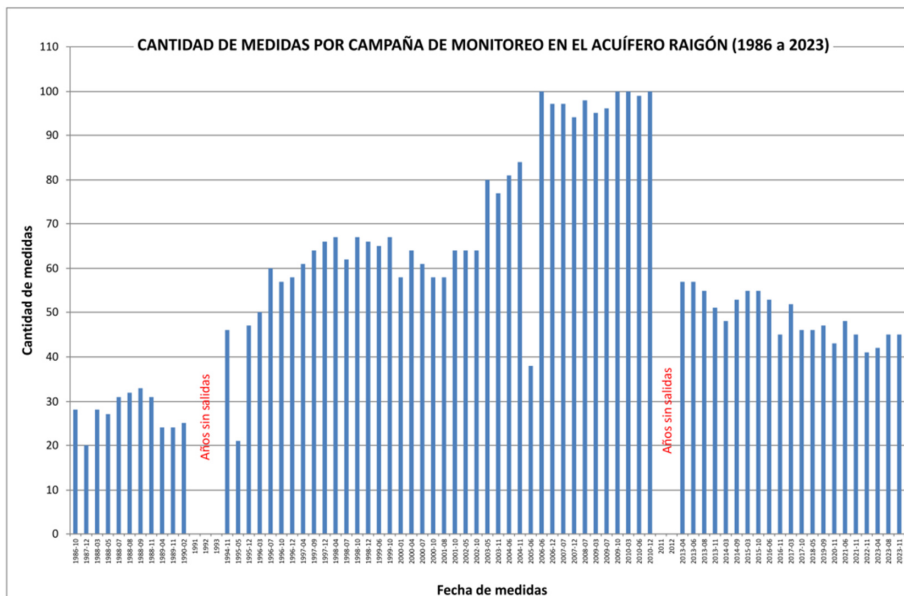


Figura 5: Cantidad de medidas de niveles estáticos por campaña realizadas entre 1986-2023

La red de monitoreo a lo largo de los más de 35 años ha sufrido modificaciones y ajustes por diferentes motivos, intentando siempre mantener una distribución homogénea en la mayor parte del acuífero. En la carta de la Figura 6 se muestra la ubicación de los más de 120 pozos que en algún momento se midieron y se resalta las perforaciones, unas 45, que actualmente se están utilizando para el seguimiento de los niveles estáticos del acuífero.

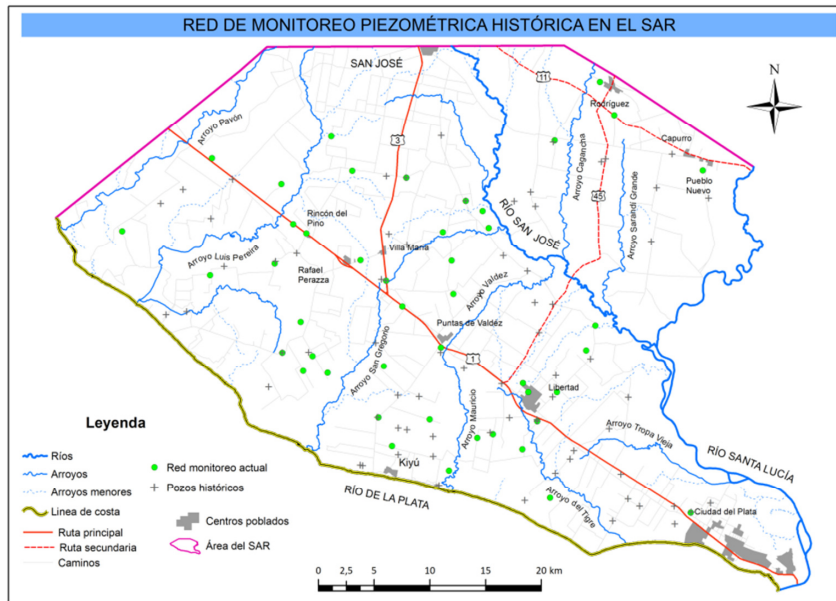


Figura 6: Ubicación de la red de monitoreo histórica de Dinamige en el SAR

A partir de la investigación del acuífero Raigón se definieron las características básicas y se elaboraron los primeros modelos de funcionamiento del mismo. Posteriormente otros trabajos como proyecto Prenader (Informe consultora Carballo-Inypsa), Proyecto RLA/8/031, investigaciones del IMFIA (Udelar), en otros, en parte utilizando la información generada por Dinamige, mejoraron en forma importante el conocimiento sobre este recurso subterráneo.

Un modelo de flujo básico definido en los primeros años de investigación, mostraba que la recarga se produce por lluvia en forma directa en las zonas de acuífero aflorante y en forma indirecta a través de una cobertura pélica que cubre la mayor parte del acuífero. Y la descarga se producía hacia los valles de los principales cursos de agua y hacia la costa.

También se compartimento el acuífero en subsistemas (zona en el mapa de la Figura 7) delimitados por el importante entalle post-Libertad sobre el río San José y las principales divisorias de agua subterránea. Cada zona presentaría parámetros hidráulicos y dirección de flujo característico.

Producto del mayor uso del recurso en los últimos años en algunas zonas donde hay concentración de perforaciones y con bombeo importante, se estima que se estaría produciendo un descenso de los niveles mayor al registrado. Algunas de estas zonas de depresión del acuífero ya fueron identificadas por otros estudios (Plan de aguas urbanas de Ciudad del Plata-2018, Flaquer A.-2020). Estas zonas de depresión no están bien representadas en el mapa predictivo (o interpolación) debido a la baja densidad de los puntos de observación. Actualmente se está densificando la red para poder realizar un análisis espacial que represente mejor la situación actual del acuífero en estas zonas.

De todas formas en la carta piezométrica se delimitan en forma aproximada en base a la concentración de perforaciones e intensidad de uso.

La superficie piezométrica en base a los valores promedios de las medidas históricas de niveles estáticos acotados del acuífero y algunos puntos acotados de los cursos de agua se muestra en el mapa de la Figura 7, junto a varios elementos mencionados anteriormente.

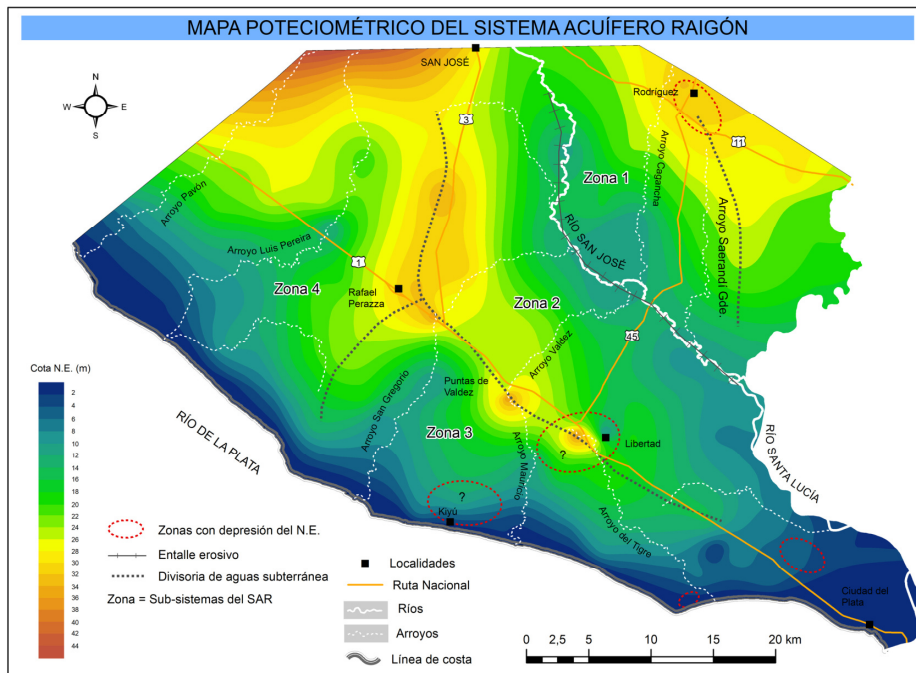


Figura 7: Mapa potenciométrico del SAR (medidas promedio de N.E.)

La información recogida en cada campaña de monitoreo es procesada y analizada y se elabora un reporte de síntesis del estado de situación del acuífero, el cual es difundido a través de la página web del Ministerio. Se realizan dos tipos de análisis según se compara niveles estáticos medidos entre diferentes campañas de monitoreo o se evalúe el comportamiento histórico de las variaciones de los niveles en perforaciones seleccionadas.

En el primer caso se obtiene una especie de “fotografía” de la variación relativa de las reservas del acuífero al comparar las medidas entre dos campañas de monitoreo. Los resultados se presentan en forma de gráfico que permiten observar la magnitud y frecuencia de la variación relativa de los niveles estáticos en las perforaciones monitoreadas. Y una representación espacial (mapa predictivo) comparando las medidas entre dos campañas de monitoreo, donde se muestran las variaciones de los niveles estáticos en diferentes regiones del acuífero.

Como ejemplo se muestra en la Figura 8 un análisis del monitoreo del año 2010, donde se realizaron tres campañas con un número importante de medidas. Se observa que en la comparación entre los niveles medidos entre junio de 2010 y marzo de 2010 (Jun-Mar 2010),

los mismos se mantuvieron relativamente estables, con un descenso en algunas zonas pero poco significativo. Ya cuando se comparan los datos diciembre de 2010 con los datos de junio de 2010 (Dic-Jun 2010), los densos son bien importantes y generalizados en prácticamente toda la región. Este descenso importante y generalizado, se corresponde bien con un promedio mensual de lluvias para el último trimestre del año muy por debajo de la media (Ver gráfica de variación relativa de la precipitación)

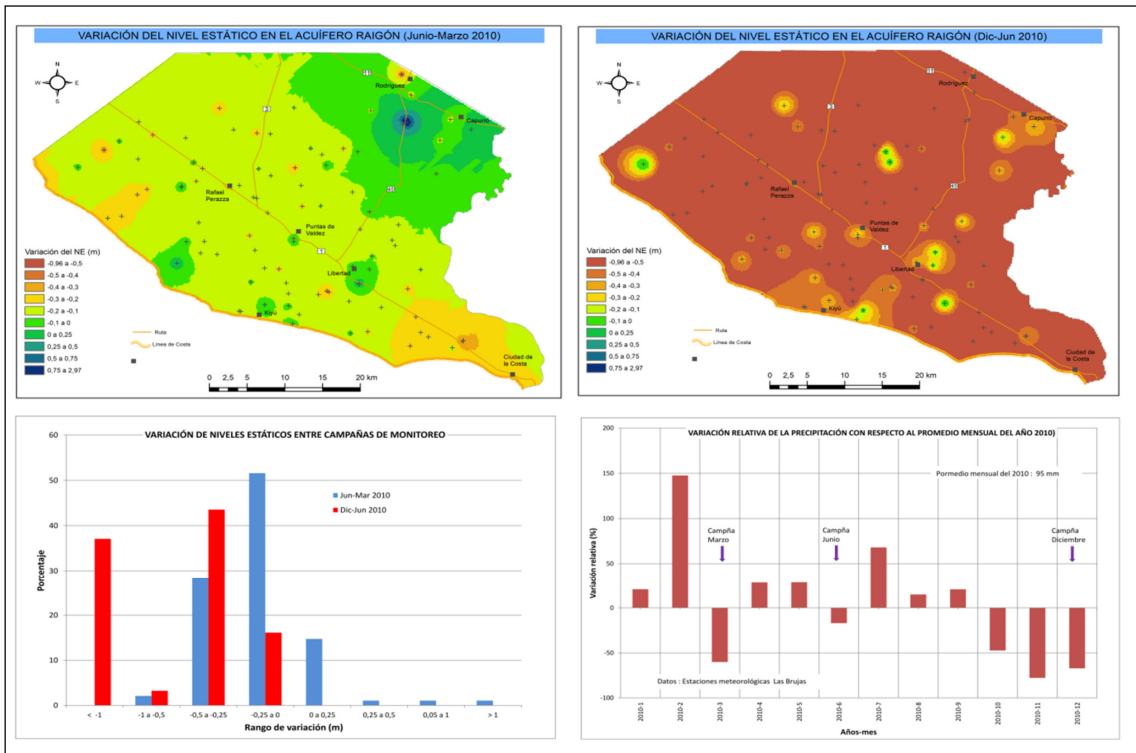


Figura 8: Ejemplo de análisis de variaciones de los niveles estáticos durante campañas de monitoreo

También se realiza un análisis a partir de la variación histórica de los niveles estáticos de perforaciones seleccionadas en función de su ubicación y cantidad de medidas en el tiempo. Este análisis nos muestra la tendencia a mediano y largo plazo de las variaciones de las reservas del acuífero.

En la Figura 9 se muestran las variaciones de los niveles en periodos de tiempo largo, agrupadas por zonas (sub-sistemas). También se incluye una línea punteada en rojo que representa el valor promedio de todas las medidas realizadas para cada pozo. Se excluye del cálculo del promedio las medidas realizadas durante la sequía histórica del 2020 al 2023. Como se observa en general los valores de los niveles de todos los pozos oscilan alrededor del valor promedio. La excepción son los últimos años de medidas, donde se produce un déficit pluviométrico histórico sin precedentes [INUMET-2023]. Para este periodo, con recarga casi

nula, los niveles estáticos en todo el acuífero descendieron en forma importante y sistemática.



Figura 9: Variaciones del nivel estático en perforaciones seleccionados a lo largo del tiempo del monitoreo del acuífero Raigón

A lo largo de los más de 35 años de seguimiento del acuífero Raigón se ha observado que en general las fluctuaciones de los niveles estáticos presentan una buena correspondencia con los volúmenes de lluvia de los periodos previos a la realización de las medidas. Pero en algunas ocasiones esta relación no está muy clara o parece no existir. Esto se relaciona a que las fluctuaciones piezométricas en el espacio y el tiempo también están influenciadas por otros factores. El espesor y variación de la cobertura producen tiempos de recarga diferentes según las distintas zonas del acuífero donde se localizan las perforaciones medidas. Otro factor a tener en cuenta es como fueron la distribución de las lluvias previo a la medidas. Precipitaciones concentradas en periodos de tiempo corto vs. precipitaciones bien distribuidas pueden influir en forma importante en la recarga efectiva que llega al sistema. También un factor a tener en cuenta es la existencia de medidas dentro o cerca de zonas con importante depresión estacional de los niveles estáticos, como zonas de riego con importante concentración de perforaciones.

6. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE LAS PERFORACIONES

6.1. Base de datos de perforaciones utilizada

La base de datos utilizada para este trabajo cuenta con cerca de 800 perforaciones de distintas fuentes: Dinamige, Privados, Dinagua, Prenader y OSE. El tipo y cantidad de datos y la presentación de los mismos varía entre las distintas fuentes, por lo que fue necesario un importante trabajo de uniformización y sistematización de la información. En general todas las perforaciones presentan la información básica de ubicación, profundidad y caudal. Una cantidad menor presenta datos de descenso y/o ubicación de filtros o napa y/o datos litológicos o estratigráficos. Por lo que según el tipo de análisis que se realizará se utilizarán una cantidad diferente de pozos.

La ubicación es en la mayoría de los casos aproximada, con errores de localización que pueden llegar a varias decenas de metros. A partir de datos complementarios (como padrón) y análisis espacial en ambiente GIS con imágenes digitales del 2018 de IDE y/o uso de la herramienta Street View de Google Map se pudo relocalizar algunas perforaciones. También se mejoró la ubicación de varias perforaciones a partir de relevamiento de campo durante las giras de monitoreo y levantamiento de muestras de agua.

Posiblemente una cantidad de perforaciones de la base de datos, en especial aquellas más viejas de Dinamige y Privados hoy en día están fuera de servicio. Pero por otro lado un número indeterminado de perforaciones, que nosotros estimamos que es una cantidad importante, no están registradas en ninguna de las fuentes de datos antes mencionadas.

6.2. Distribución /densidad de perforaciones

La distribución y densidad de perforaciones en el SAR, registradas en la base de datos (unas 768) se muestra en el mapa de la Figura 10. Para la elaboración de dicho mapa se dividió el área en un cuadrícula de 2x2 km y se adjudicó a cada celda el valor de densidad (cantidad de perforaciones / área de cada cuadrícula). Se observa en dicho mapa que la mayor cantidad/densidad de perforaciones se localiza principalmente en 4 regiones:

- a. Región de la Ciudad del Plata, con una concentración de pozos importante para riego, industrial y consumo humano.
- b. En la región de la ciudad de Libertad, con una concentración de pozos importante para riego (en especial frutales y hortalizas) y consumo humano.
- c. En la región de la ciudad de Rodríguez con una concentración de pozos algo menor que las anteriores zonas, con uso industrial, riego y tambos y consumo humano.

d. Varias zonas aisladas, como en el norte de Kiyú, con concentración de pozos asociadas principalmente al riego de frutales.

También se incluyó en el mapa, el uso del suelo agrícola (cultivos de invierno, verano y frutales) extraídas de la capa de Cobertura de Suelo de Dinot 2019/2020. Pero sólo en aquellas celdas que no presentan datos de perforaciones. El área total para estas celdas sin datos es de unos 370 km² y es de suponer que al menos en parte de esta área de uso agrícola se utilice riego a partir de agua subterránea.

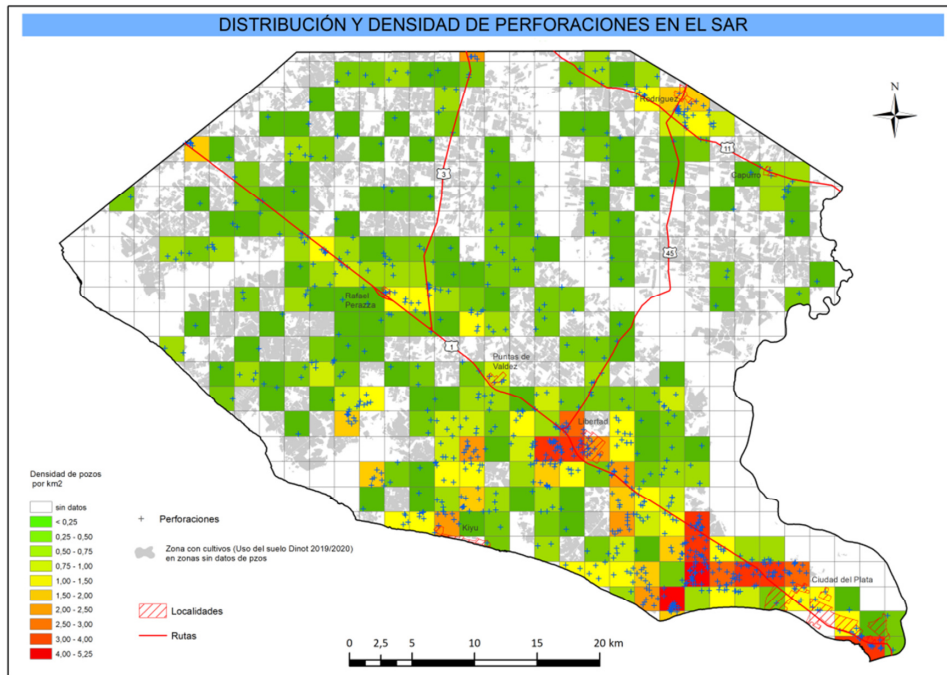


Figura 10: Mapa de distribución/densidad de perforaciones en el SAR

6.3. Estimación de extracción de agua subterránea del SAR

El volumen real de extracción anual de agua subterránea para todo el SAR es imposible de saber con precisión ya que no se cuenta con un registro de todos los pozos y menos aún de su régimen de uso que puede ser muy variable. De todas maneras se realizó una estimación para tener un valor aproximado en base a ciertos supuestos de usos, a la información de los caudales de las perforaciones y datos de las declaraciones ante la Dinagua.

Se utilizaron los datos de Dinagua de horas anuales de uso y caudales autorizados, con una corrección a la baja para el uso riego, ya que algunas declaraciones las horas diarias de uso parecían excesivas entendiendo que esta es una actividad de solo algunos meses al año. En este sentido se tomó como valor máximo 3 o 4 horas diarias de uso anual, según el cultivo. Lo que equivale a aproximadamente a 4 meses de riego, 10 horas diarias para cereales y oleaginosa y 5 meses de riego 12 horas diarias para frutales.

Para las perforaciones de Dinamige, Prender y Privado se asumió que los pozos sin identificación de uso eran para riego y se tomó el mismo criterio anterior. Para uso en tambo se supuso 8 horas/diarias todo el año (dos ordeñes diarios). Para uso de consumo humano individual 4 horas/diarias de uso y para el abastecimiento a localidades 15 horas/diarias de uso de la perforación (Ver Cuadro 5).

En base a los supuestos anteriores de uso y teniendo en cuenta las limitaciones para obtener una cifra de explotación real antes mencionadas, se estima que la extracción de agua subterránea en el SAR es de aproximadamente 32,1 millones de m³ por año.

Esta cifra, como ya se mencionó anteriormente es muy similar a la calculada por el proyecto RLA/8/031, donde se estimó un explotación de agua subterránea de cerca de 33 millones de m³ por año. Si existe una importante diferencia en la cifras de explotación por uso, en parte porque la estimación del proyecto RLA/8/031 para uso industrial y consumo humano se basa en datos de aproximadamente el año 2000. El uso para riego estimado en el proyecto RLA/8/031 es mucho mayor que el uso agropecuario estimado en este trabajo. Pero hay que tener en cuenta que la metodología para el cálculo de uso riego del proyecto RLA/8/031 es independiente de los datos de pozos, por lo que no quedan fuera del cálculo zonas sin datos. En nuestra estimación no se tiene en cuenta importantes zonas de acuífero (alrededor de un 20 % del total) con uso del suelo para cultivo por la falta de datos. En definitiva nuestra estimación para uso Industrial y consumo humano creemos que está muy próxima al valor real. En cambio, la falta de datos de pozo en zonas con posible riego y potencial uso de agua subterránea hace que el valor de extracción anual para uso agropecuario este subestimado. Posiblemente el valor calculado para riego en el proyecto RLA/8/031 esté más próximo al valor real. Por lo que podemos estimar una extracción anual de agua subterránea en el SAR de entre 32 y 40 millones de m³ por año, rango que creemos está en el mismo orden de grandeza que el valor real.

Estimación de explotación de agua en el SAR por uso				
Uso	Este trabajo		RLA/8/031	
	10 ⁶ m ³ /año	% del total	10 ⁶ m ³ /año	% del total
Consumo humano	5.512.573	17	1.951.184	6
Industrial	6.337.075	20	3.110.000	9
Agropecuario total	19.963.918	62	27.890.000	85
Abrevadero	977.124	3		
Tambo	1.545.298	5		
Riego	17.296.656	54		
Otros usos	277.104	1		
Total	32.090.670	100	32.951.184	100

Cuadro 5: Estimación de extracción de agua subterránea por uso

A partir de los datos puntuales de volumen de extracción anual por perforaciones se realizó una carta de volúmenes de explotación por zonas. Para la confección de la misma se utilizó la misma metodología que en la carta de densidad de perforaciones. Es decir se dividió el área del SAR en una cuadrícula de 2x2 km y se asignó a cada celda el valor total de los volúmenes de extracción de cada perforación dentro de la misma. El resultado se muestra en la Figura 11

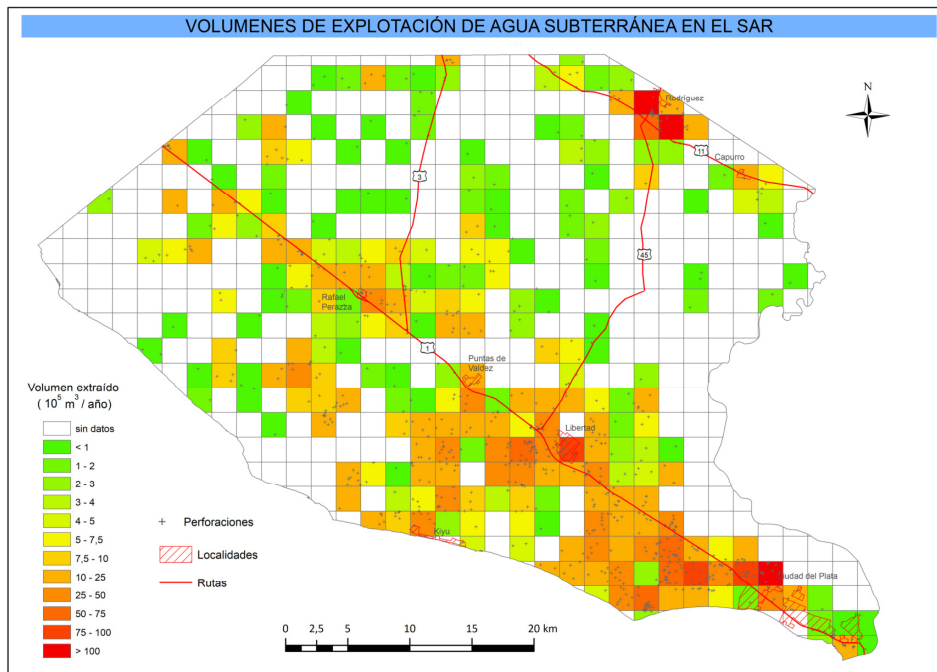


Figura 11: Distribución de los volúmenes de extracción anual de agua subterránea en el SAR

A partir de la carta anterior se pueden identificar varias zonas con mayor demanda:

- i. Región al norte y oeste de Ciudad del Plata, con zonas (celdas) con volúmenes de extracción de agua muy elevados. Se destaca el uso para consumo humano, en donde el agua elevada por OSE para esta localidad era en el 2015 de 2,8 millones m³/año [Plan de Aguas Urbanas Ciudad del Plata - 2018, Tabla 2.7]. Ya para la zona oeste la alta demanda de agua subterránea está asociada principalmente al uso agrícola e industrial.
- ii. En la región de la ciudad de Rodríguez los volúmenes de extracción de agua elevados están asociados principalmente al uso industrial, en menor medida al uso para consumo humano y agrícola.
- iii. En la región de la ciudad de Libertad, con una concentración de pozos importante para consumo humano.
- iv. Varias zonas aisladas, como entre Libertad y Kiyú y al oeste y noroeste de Ciudad del Plata con los volúmenes de extracción importantes principalmente para riego.

Si bien la estimación de volúmenes de explotación es muy aproximada por los motivos antes expuestos, la carta de los volúmenes de extracción anual, complementada con la carta de

densidad de perforaciones nos da una idea aproximada de las zonas con mayor “presión” sobre el SAR en lo que tiene que ver con la demanda de agua subterránea.

6.4. Profundidad, caudales y caudales específicos de perforaciones en el SAR

a. La profundidad de las perforaciones depende de varios factores como por ejemplo el espesor de la cobertura que puede llegar a tener a más de 30 m, posibilidad de captar varios niveles permeables, requerimientos de cantidad de agua en función del uso, etc.

El análisis de todas las perforaciones registradas en el SAR, indica que el valor promedio y mediana de profundidad de las mismas es de 36 m, con un rango mayoritario entre 28 y 45 m. En la Figura 12, se representa la distribución de la profundidad junto a un cuadro estadísticos de la misma en las perforaciones del SAR.

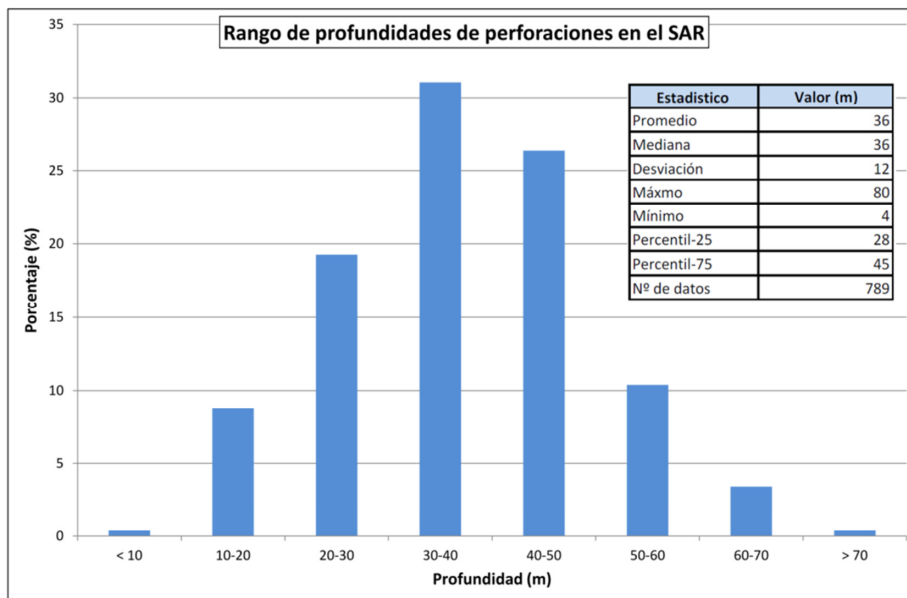


Figura 12: Distribución y análisis estadísticos de profundidades en perforaciones en el SAR

b. Los caudales óptimos de las perforaciones dependen de varios factores como cantidad, espesor y permeabilidad de los niveles acuíferos, así como de aspectos constructivos. En la práctica los caudales extraídos están condicionados por la potencia de la bomba instalada, que se relaciona en muchos casos con el uso.

El análisis de todas las perforaciones registradas en el SAR, muestra una importante dispersión de los caudales alumbrados con un promedio de 23 m³/h y una mediana de 17 m³/h. El rango mayoritario está comprendido entre 7,5 y 30 m³/h. En la Figura 13, se representa la distribución de los caudales erogados junto a un cuadro estadístico de los mismos en las perforaciones del SAR

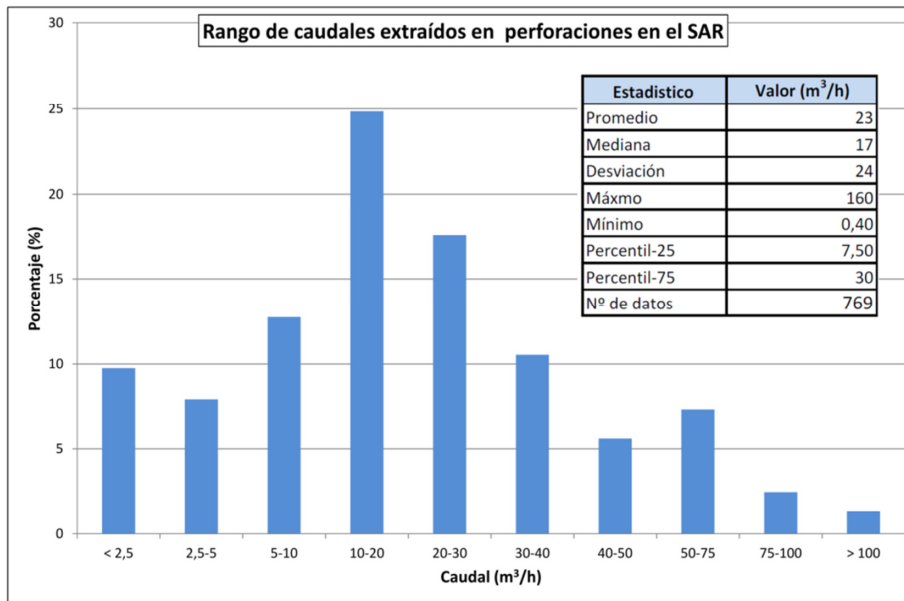


Figura 13: Distribución y análisis estadísticos de caudales en perforaciones en el SAR

c. Los caudales específicos son un indicador aproximado de la productividad del pozo y región acuífera inmediata, ya que relaciona el descenso con el caudal de ensayo. Pero los descensos pueden ser mayores de los esperados por pérdidas de carga “adicionales” relacionadas a mal diseño constructivo y/o mal o nulo desarrollo.

El análisis de todas las perforaciones registradas en el SAR, muestra una importante dispersión de los caudales específicos con un promedio de 4 m³/h/m y una mediana de 2,5 m³/h/m. El rango mayoritario está comprendido entre 1 y 5 m³/h/m. En la Figura 14, se representa la distribución de los caudales específicos junto a un cuadro de estadísticos de los mismos en las perforaciones del SAR

Además se elaboró una carta con los valores y variación espacial del caudal específico en el SAR. Para ello se ejecutó una grilla de 1x1 km. y al centro de la celda se le adjudicó el promedio de los caudales específicos de las perforaciones incluidas en cada celda. A partir de este datos se realizó un mapa predictivo (interpolación) usando un Kriging ordinario con transformación logarítmica (Ver Figura 15).

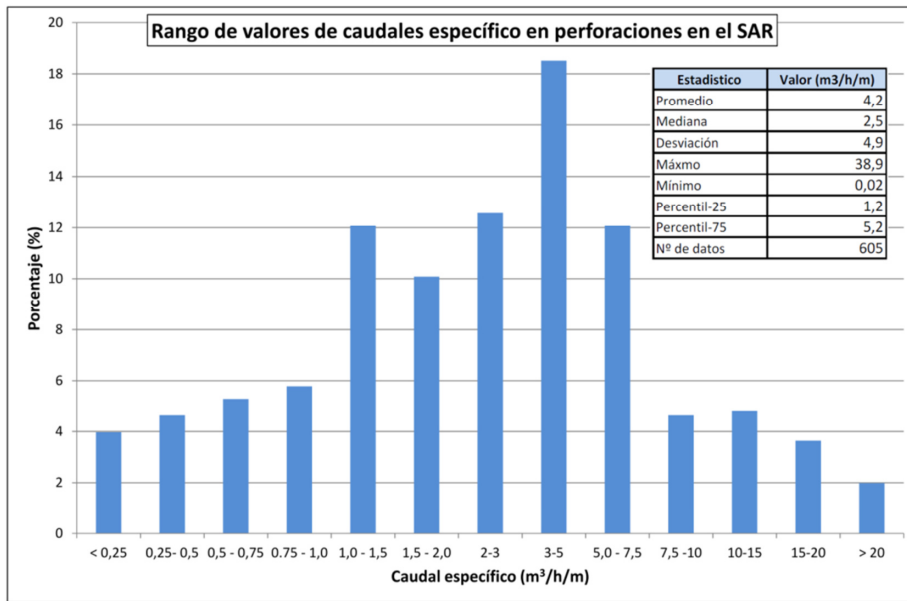


Figura 14: Distribución y análisis estadísticos de caudales específicos en perforaciones en el SAR

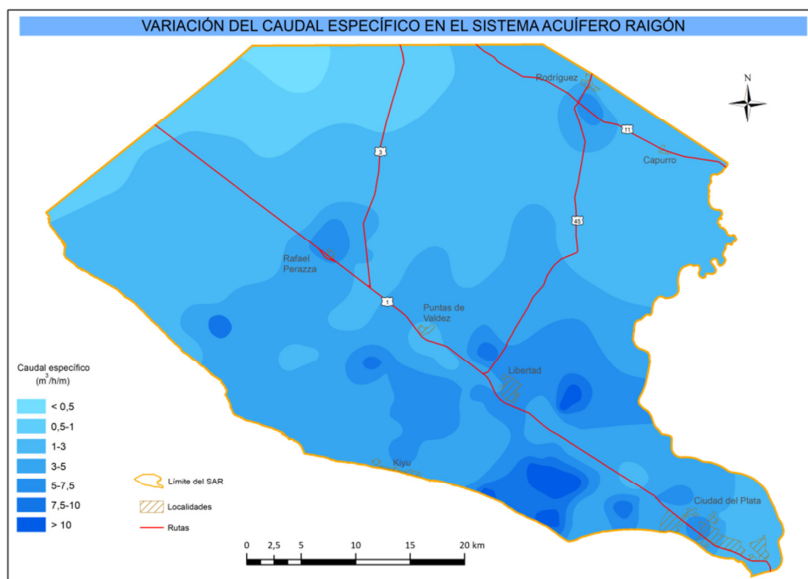


Figura 15: Variación espacial de caudales específicos en el SAR

7. GEOLOGÍA DE SUBSUPERFICIE Y GEOMETRÍA DEL SAR

A partir de la información litológica y estratigráfica de las perforaciones se realizó un procesamiento para el análisis de distintos aspectos de la geometría del SAR. Estos incluyen espesor y distribución de la cobertura, cota del piso y unidad que lo conforma, espesor total del SAR y cantida/espesor y distribución de los diferentes niveles que conforma el acuífero.

7.1. Cobertura del SAR

Bajo este término se agrupa niveles y formaciones geológicas que tienen en común estar integradas total o mayoritariamente por litologías finas (desde limos a arcillas) y que por lo tanto presentan baja a muy baja permeabilidad relativa. Esta unidad operativa cubre en forma continua gran parte del SAR y está integrada por:

- ✓ Nivel edáfico: suelos predominantemente franco arcilloso a franco limoso, con espesores que pueden alcanzar los 2 metros.
- ✓ Formación Dolores: integrada principalmente por limos o limo-arcilla, con frecuente arena y gravilla dispersa. Con espesores máximos en el entorno de los 15 m
- ✓ Formación Libertad : litologías similar a la unidad anterior, con espesores máximos de unos 30 m
- ✓ Formación Raigón (niveles pelíticos): facies pelíticas cuspidales que pueden alcanzar espesores de más de 10 m.

Esta unidad operativa cubre en forma relativamente continua cerca del 70 % del SAR y es a través de ella por donde se produce la mayor parte de la recarga del sistema acuífero a partir de la infiltración profunda del agua de lluvia.

Dada su baja permeabilidad e importantes espesores de esta cobertura pelítica la infiltración vertical se produciría en forma lenta hasta alcanzar los niveles saturados del SAR.

En base a lo anterior y a las características fisicoquímicas y posiblemente bioquímicas (presencia de materia orgánica, arcillo minerales, carbonatos, gases, etc.) esta cobertura es la que le imprime al menos en parte las características hidroquímica al agua del SAR.

Además esta cobertura actúa como una especie de barrera impidiendo o reduciendo la entrada de potenciales fluidos contaminantes de origen antrópico.

El espesor de la cobertura y la distribución de la misma se muestran en la carta de la Figura 16. En la misma además se representa las zonas de la formación Raigón o Chuy aflorante (acuífero libre) y los afloramientos del Basamento y Fray Bentos. También se incluye en la figura material sedimentario post-Dolores representado por diferentes litologías de la

Formación Villa Soriano y unidades más jóvenes. Este material también cubre gran parte del SAR y está representado por importante cantidad de sedimentos limo-arcillosos. Pero no fue incluido en la unidad operativa Cobertura por no estar separado en la cartografía y además que en general son cuerpos poco potentes y lateralmente discontinuos.

Como se aprecia en la carta de Cobertura del SAR, los mayores espesores se localizan en el eje de la ruta 1 entre Libertad y Rafael Perazza, al sur de esta última localidad, entre Puntas de Valdez y Kiyú y en el extremo norte por ruta 3. En todas estas zonas el importante espesor de la cobertura está explicado por el gran desarrollo de las pelitas de la formación libertad, que puntualmente pueden alcanzar más de 30 m y en algunos casos por debajo de esta Unidad se suman facies pelíticas del techo de la formación Raigón.

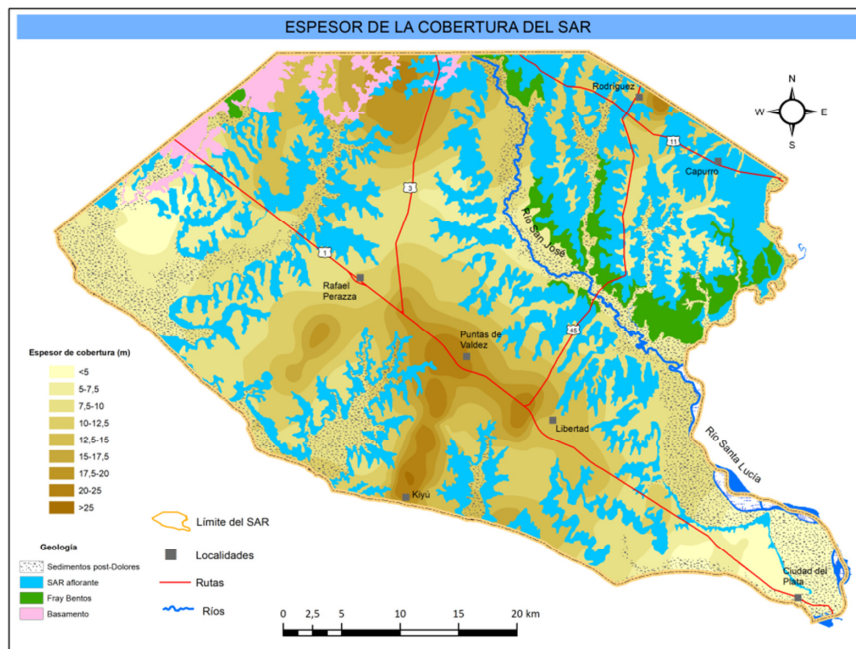


Figura 16: Espesor de la cobertura del SAR

7.2. Piso del SAR

El sistema acuífero Raigón-Chuy se apoya sobre diferentes litologías de las formaciones Fray Bentos y Camacho. También en algunas zonas de la región noroeste el SAR se apoyaría directamente sobre el basamento cristalino.

Para la realización de la carta del Piso acotado del SAR se utilizó la información de la estratigráfica de perforaciones que atraviesan todo el acuífero. En algunos casos se infirió el piso del SAR a partir de la interpretación de la descripción litológica de algunas perforaciones y su potencia según la zona donde se ubica. Fueron descartadas varias perforaciones por tener

datos ambiguos y que en el análisis espacial presentaban cotas muy discrepantes con las perforaciones vecinas. Por último para las perforaciones utilizadas en la elaboración del mapa predictivo se calculó la cota del terreno donde se ubican las mismas a partir del modelo digital de terreno de la IDE. La carta del piso acotado del SAR junto con las zonas aflorantes del Basamento y de la formación Fray Bentos, se muestra en la siguiente Figura. En la carta también se muestran las unidades que conforman el piso del SAR en las distintas regiones. En la región N y NE el SAR se apoya sobre litologías (en especial areniscas y limolitas) de la Formación Fray Bentos, la cual aflora en algunos sectores. En la región sur el piso del SAR está conformado principalmente por pelitas verde-grisáceas y arenisca finas blancas de la formación Camacho. En el extremo SE los datos son un tanto ambiguos y el SAR (principalmente la formación Chuy) se apoya sobre litologías de la formación Camacho o Fray Bentos. Por último en la región NW, varias perforaciones cortan el basamento (en especial rocas graníticas) y el piso del SAR estaría representado en algunos sectores por el Basamento o pequeños espesores de la formación Fray Bentos apoyado sobre el mismo.

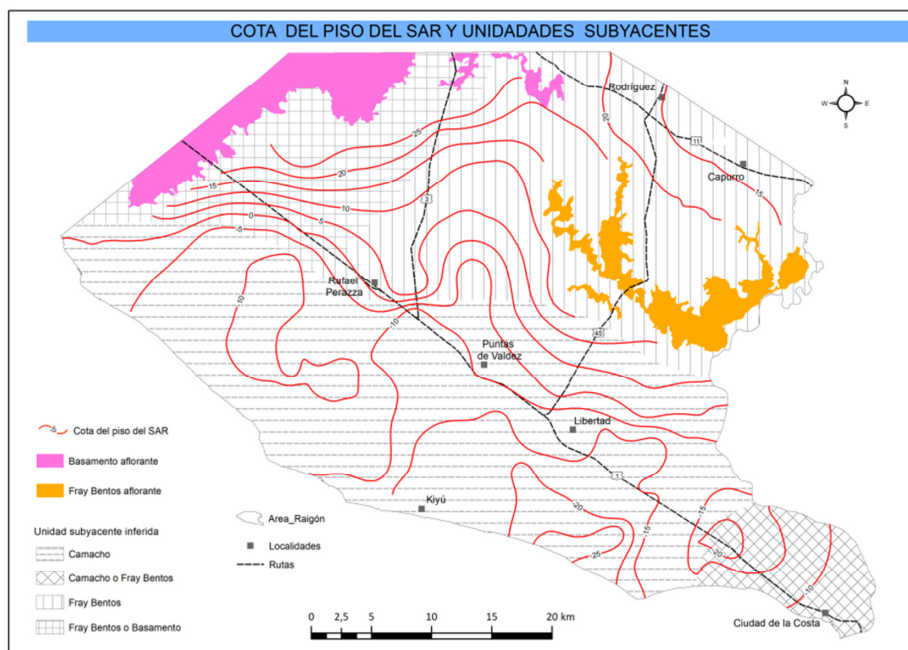


Figura 17: Carta de cota del piso del SAR y unidades sobre el cual se apoya.

7.3. Espesor del SAR

Con aquellas perforaciones con datos estratigráficos o litológicos confiables se elaboró una tabla de pozos con el espesor del SAR. Luego de un proceso de análisis especial, donde se descartaron varias perforaciones con datos de espesor muy diferente a las perforaciones vecinas se seleccionaron 149 perforaciones para la ejecución del mapa predictivo por el

método kriging utilizando la herramienta de Geoestadística de ArcGis. La carta de isoespesor del SAR se muestra en la Figura 18.

La zona NE con espesores menores a 5 m es una zona “compleja” por la presencia de importantes bloques aflorantes de Fray Bentos y además coincide en parte con el entalle erosivo pos-Libertad, que separa espacial e hidráulicamente al SAR en la depresión norte y sur. Esta zona presenta espesores del SAR muy variables y posiblemente existan sectores en donde el espesor del mismo sea mayor a los 20 m. Dada la poca cantidad de perforaciones confiables en esta zona, el mapa predictivo no logra “capturar” estas variaciones abruptas.

Para el resto del área, con mayor número de datos, los isoespesores del SAR estarían representados correctamente por la interpolación. En la carta se observa un aumento del espesor del acuífero de N-NW a S-SE, con algunos sectores donde el espesor es mayor a 30 m como en la zona de Puntas de Valdez y entre Libertad y el río de la Plata

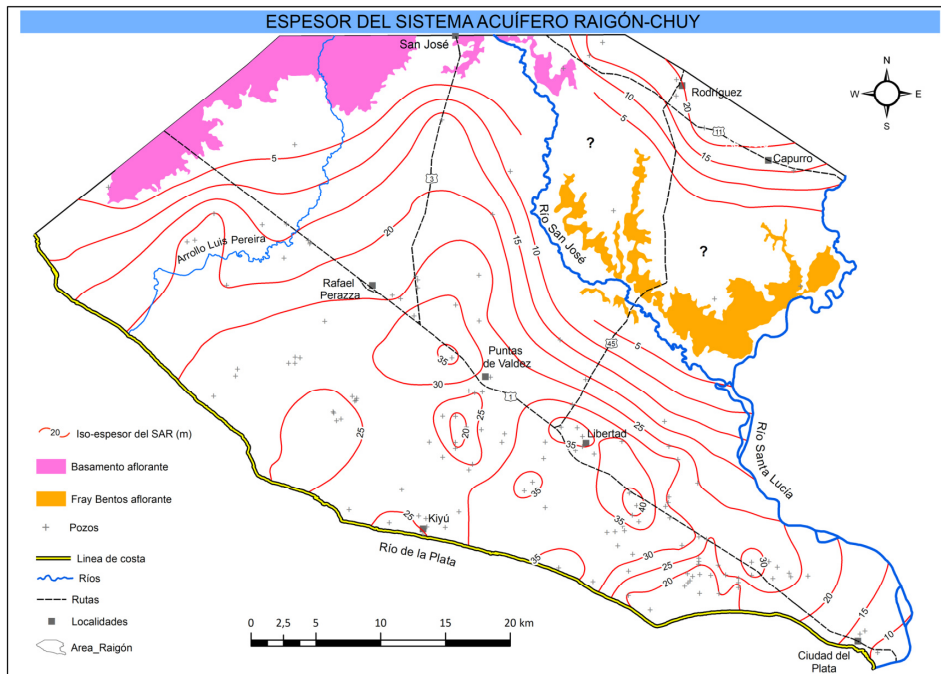


Figura 18: Carta de isoespesores del SAR

7.4. Niveles arenosos y pelíticos del SAR

Como ya se mencionó anteriormente el SAR se presenta, al menos en algunos sectores como un acuífero multicapa, producto de la presencia de estratos pelíticos (acuitardos) intercalados entre los cuerpos arenosos-gravillosos (niveles permeables). Según los antecedentes la geometría del SAR a nivel regional está conformada por varios ciclos arenosos superpuestos con estructura gradacional de tipo estrato/grano decreciente, rematada en forma frecuente por niveles pelíticos [Spoturno J. - 1995 y Spoturno J. et al. - 2004]. Pero a nivel local o de mayor detalle la geometría es más compleja. Con variaciones importantes del espesor y

cantidad de los estratos arenosos superpuestos y pelíticos intercalados aun en distancias cortas.

Para cuantificar aspectos de espesor y número de niveles superpuestos se realizó una simplificación a partir de las descripciones litológicas de las perforaciones. Se agruparon como niveles permeables litologías que varían desde arenas finas a medias con frecuente matriz pelítica hasta facies gruesas representadas por areniscas gravillosas y gravilla con o sin material fino.

7.4.1. Espesor individual de los niveles permeables

Para la cuantificación de los niveles permeables se realizó un análisis de la descripción litológica de 176 perforaciones y se calculó el espesor individual de cada uno atravesado por la perforación. Se excluyó los niveles arenosos basales que no terminan en sedimentos pelíticos.

Se identificaron para el universo de perforaciones analizadas un total de 355 niveles permeables. Los resultados se sintetizan en el gráfico de la Figura 19, junto con un cuadro estadístico. Como se observa en el histograma el espesor de estos niveles es muy variable, con una media de 6,8 m y una mediana de 4,5 m. La enorme mayoría de los niveles presenta un espesor comprendido entre 1 y 10 m.



Figura 19: Variación del espesor de los niveles permeables en las perforaciones del SAR

7.4.2. Cantidad de niveles permeables y espesor total de los mismos por perforación

Para este análisis solo se tuvieron en cuenta aquellas perforaciones que atraviesan totalmente el acuífero. Varias perforaciones se seleccionaron en base a la descripción litológica y estratigrafía. Para otro grupo se realizó un análisis espacial teniendo en cuenta su ubicación, su profundidad y el espesor estimado del acuífero en ese punto utilizando el mapa de Isoespesores del SAR (Figura 18). En total se identificaron 125 perforaciones con datos litológicos y que cortan todo el SAR. Los resultados se muestran en el gráfico de la Figura 20.

La mayoría de las perforaciones presentan entre 1 a 3 niveles permeables superpuestos, además cerca del 50 % del total presenta solo 2 niveles. Las perforaciones con 1 o 2 niveles arenosos se distribuyen por casi toda el área de acuífero, en cambio las perforaciones con 3 o más niveles permeables parecen ser más frecuentes en la región al S-SE de la ruta 1, coincidiendo con los mayores espesores del SAR (Ver Figura 22).

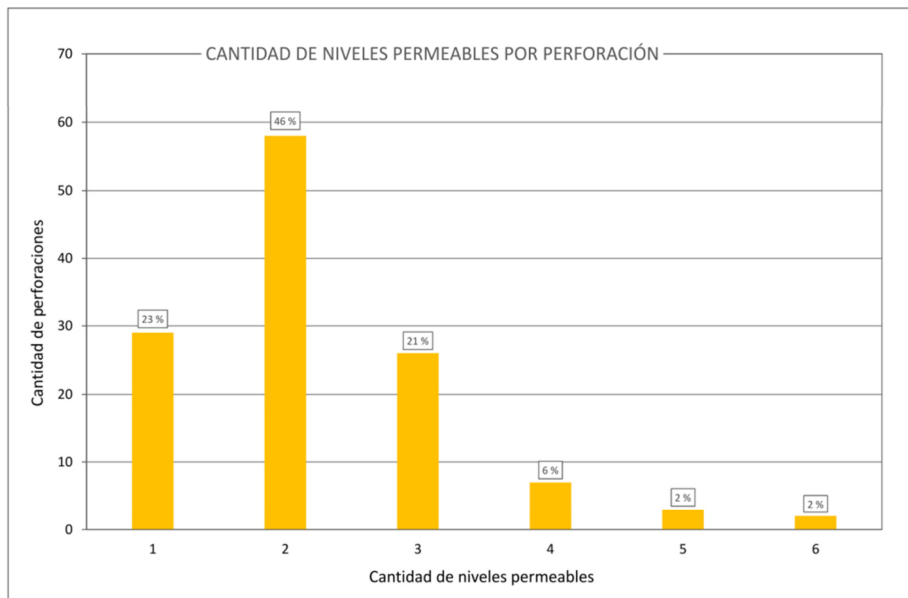


Figura 20: Cantidad de niveles permeables en perforaciones del SAR

Se realizó también una análisis del espesor total del material areno-gravilloso presente en cada perforación, excluyendo los niveles pelíticos. Los valores presentan una gran variación con perforaciones con espesores total menor a 5 m y otras con espesor total mayor a los 25-30 m. La media y mediana del espesor total de niveles permeables es de 15 m y 13 m respectivamente, presentando la gran mayoría de las perforaciones espesores comprendidos entre 5 y 25 m. Ver Figura 21. No se encontró una correlación directa entre cantidad de niveles permeables y espesor total de los mismos por perforación. Son más frecuentes en las perforaciones con 1 o 2 niveles los espesores totales extremos (más de 15 m y menos de 5

m), mientras en las perforaciones con 3 o más niveles son más frecuentes los espesores intermedios (entre 5 y 15 m). Ver Figura 22

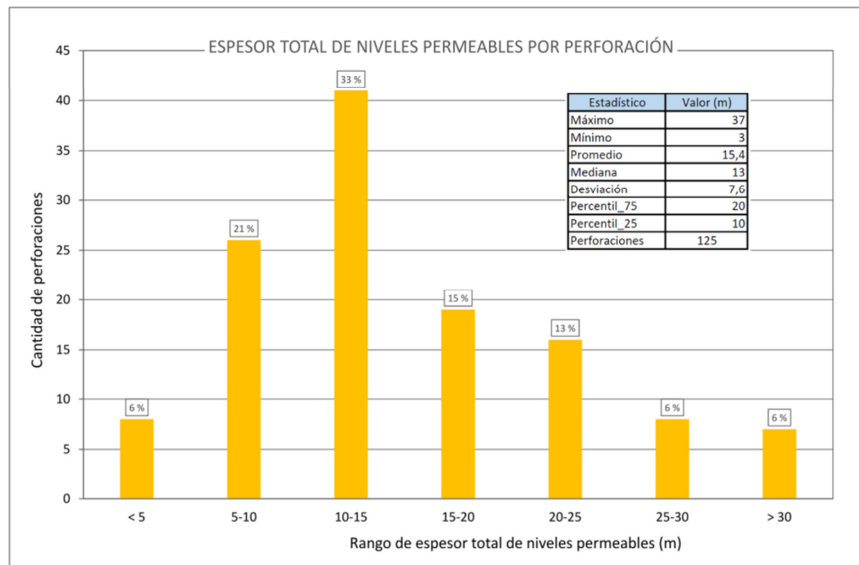


Figura 21: Espesor total de material areno-graviloso en las perforaciones del SAR

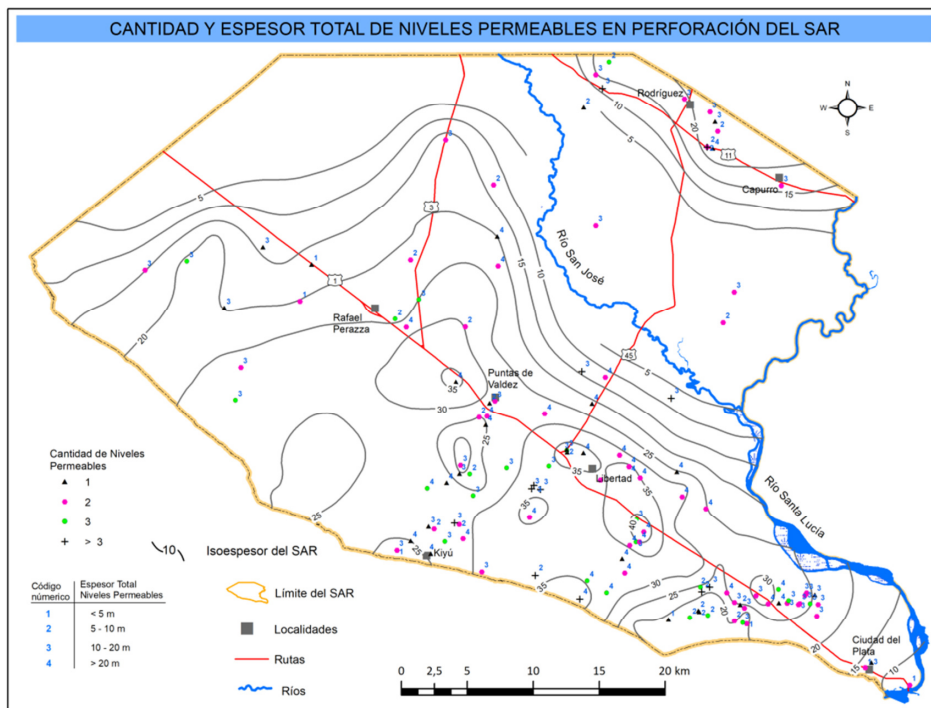


Figura 22: Distribución espacial de cantidad y espesor total de los niveles permeables en perforaciones del SAR

7.4.3. Cantidad de niveles pelíticos y espesor total de los mismos por perforación

Para la cuantificación de estas capas limo-arcillosas, que funcionan como acuitardos dentro del SAR, se tuvo en cuenta sólo aquellos niveles intercalados con los niveles permeables antes descritos. No se consideran niveles limo-arcillosos cuspidales de la formación Raigón, que fueron integrados a la cobertura del SAR. Tampoco se consideraron las perforaciones con solo un nivel permeable, es decir donde el acuífero es de tipo monocapa.

De las 95 perforaciones identificadas que atraviesan todo el SAR, la gran mayoría de las mismas presentan un solo nivel pelítico intercalado y una menor cantidad presentan 2 niveles pelítico intercalado, ver gráfico de Figura 23.

Para estimar el espesor de estos niveles se incluyeron también perforaciones que penetran el SAR en forma parcial, un total de 126. El espesor de estos niveles pelíticos varía entre menos de 1 m a más de 20 m, con un promedio y mediana de 5 y 4 m respectivamente, Ver gráfico de Figura 24.

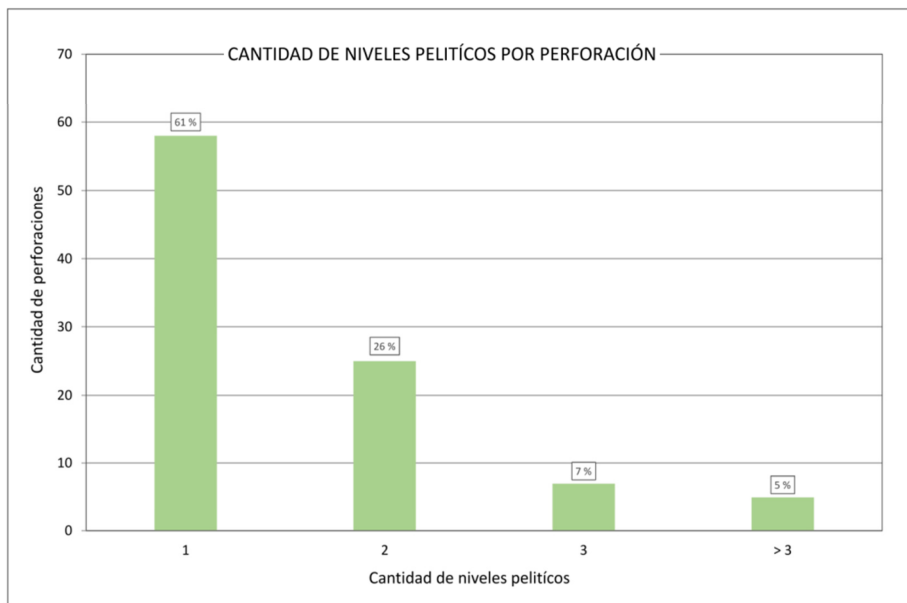


Figura 23: Cantidad de niveles pelíticos intercalados en perforaciones del SAR

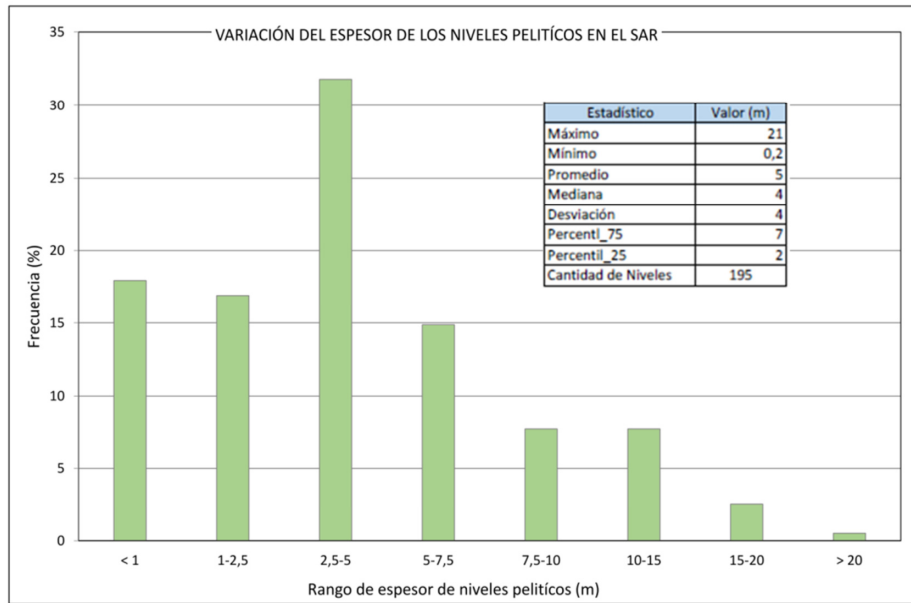


Figura 24: Espesor de niveles pelíticos en las perforaciones del SAR

7.5. Modelo hidrogeológico

A partir del análisis anterior se observa que la geometría del SAR es, al menos en una buena parte del mismo, muy compleja, con variaciones importantes de espesor y cantidad de cuerpos areno-gravillosos aun en cortas distancias. Y con frecuente intercalación de estratos pelíticos, que pueden presentar un importante espesor.

Un modelo físico único que sea representativo de todo el SAR debería tener en cuenta todas las variaciones geométricas verticales y laterales que se observan en diferentes sectores del mismo. En forma simplificada podemos ver al SAR como integrado por dos tipos de “zonas acuíferas” según los diferentes sectores analizados.

En varios sectores el SAR está conformado por un único paquete arenoso (nivel permeable) superficial o superior, que puede estar total o parcialmente saturada. Esta zona acuífera tipo mono-capa, puede estar aflorante (acuífero libre) o cubierta por sedimentos limo-arcillosos (acuífero semiconfinado).

En otros sectores por debajo de la zona acuífera superficial o superior y separada por un acuitardo, se presenta una segunda zona acuífera. Esta zona acuífera profunda puede estar integrada por varios niveles permeables, aunque lo más frecuente es que sea uno o dos.

El conjunto de estas dos zonas acuíferas (superior e inferior) conforma un acuífero de tipo multicapa-capa y el primer nivel permeable puede estar total o parcialmente saturado o seco.

En la Figura 25, se muestran algunos ejemplos de perforaciones totalmente penetrantes que en algunos casos interceptan una zona acuífera superior (acuífero tipo monocapa) y otras perforaciones con dos zonas acuíferas (tipo multicapa) con la zona acuífera inferior integrada por 1 o más niveles permeables.

En la zona acuífera superficial se puede producir variaciones importantes del nivel piezométrico. Durante períodos extensos sin precipitación (escasa o nula recarga) y/o importante y prolongado bombeo de perforaciones cercanas, muchos pozos someros pueden ser afectados en forma importante. Es así que en el periodo de sequía del 2020-2023 muchas perforaciones someras que captan solo de la zona permeable superficial literalmente quedaron secas.

Además de la geometría compleja del SAR los cuerpos permeables presentan en forma frecuente variaciones litológicas importantes, tanto entre los niveles superpuestos separados por estratos pelíticos, como dentro de un único paquete arenoso espeso con estructura de tipo gradacional. Estas variaciones litológicas están representadas por niveles que van desde arenas finas con frecuente matriz pelítica hasta arenas muy gruesas y gravilla bien seleccionada.

Las variaciones tanto en la geometría del acuífero como en la granulometría de los niveles permeables explicarían al menos en parte la importante dispersión de los datos de transmisividad estimados a partir de ensayos de bombeo en distintos sectores del acuífero (ver Cuadro 2). Como también las diferencias a veces importante en los caudales específicos, aún en pozos relativamente cercanos (ver Figura 14).

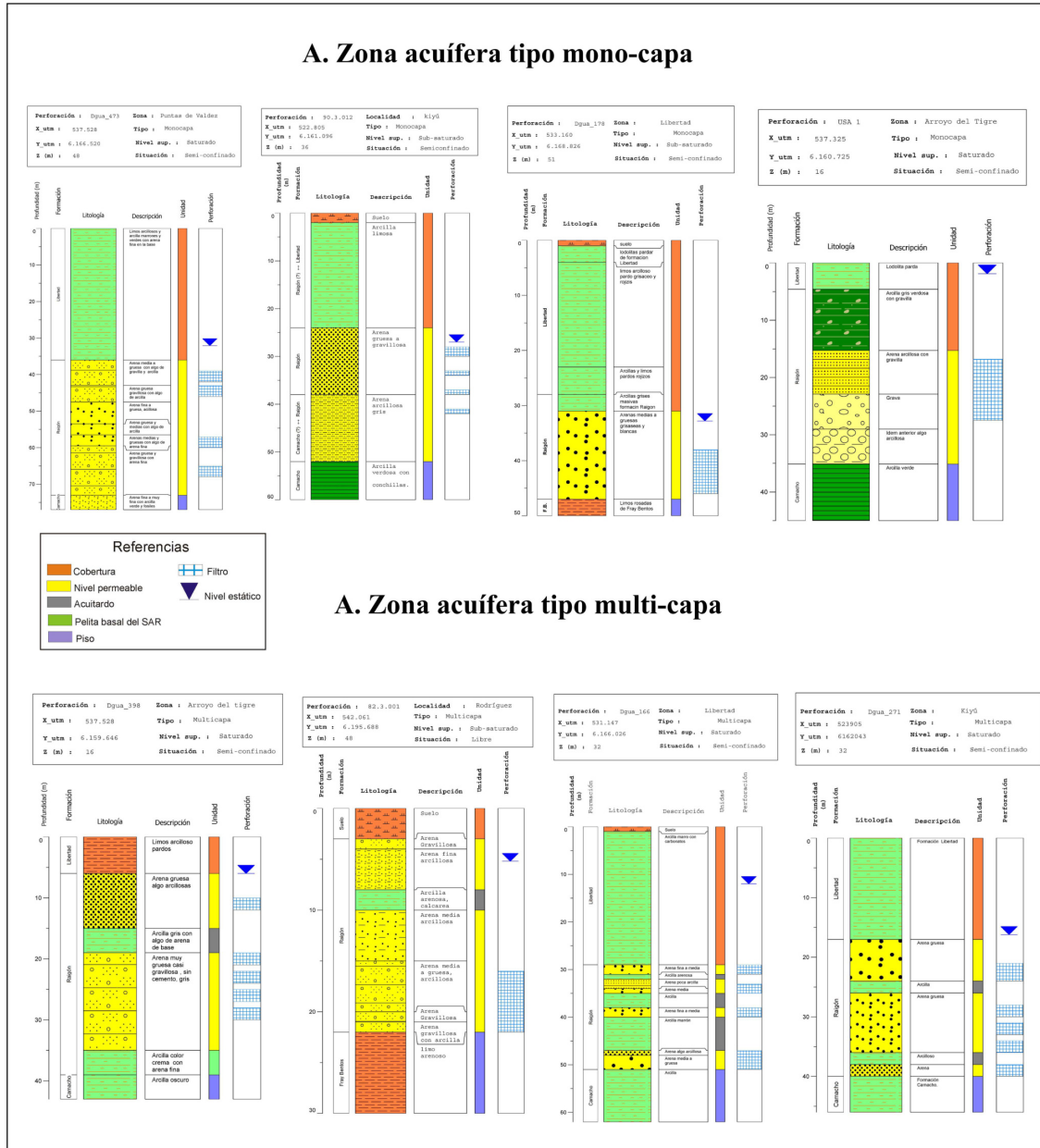


Figura 25: Ejemplos de perforaciones con perfil hidrogeológico tipo mono y multicapa

7.6. Niveles permeables del piso del SAR

A partir del análisis de las litologías, nivel estático y dinámico, ubicación de filtros de algunas perforaciones se observa que las mismas captan también (y en algunos casos exclusivamente) agua de niveles portadores del piso del SAR.

En la depresión Norte, zona de Rodríguez y hacia el sur de esta localidad algunas perforaciones captan agua de niveles arenosos de la formación Fray Bentos.

En la región del Rincón del Pino y hacia el W-NW de esta localidad algunas perforaciones captan agua también de mantos de alteración y/o fracturas del basamento.

Por último en la región de Kiyú, cerca de la costa, alguna perforación profunda podría estar captando agua de niveles arenosos cuspidales de la formación Camacho. (Ver Figura siguiente)

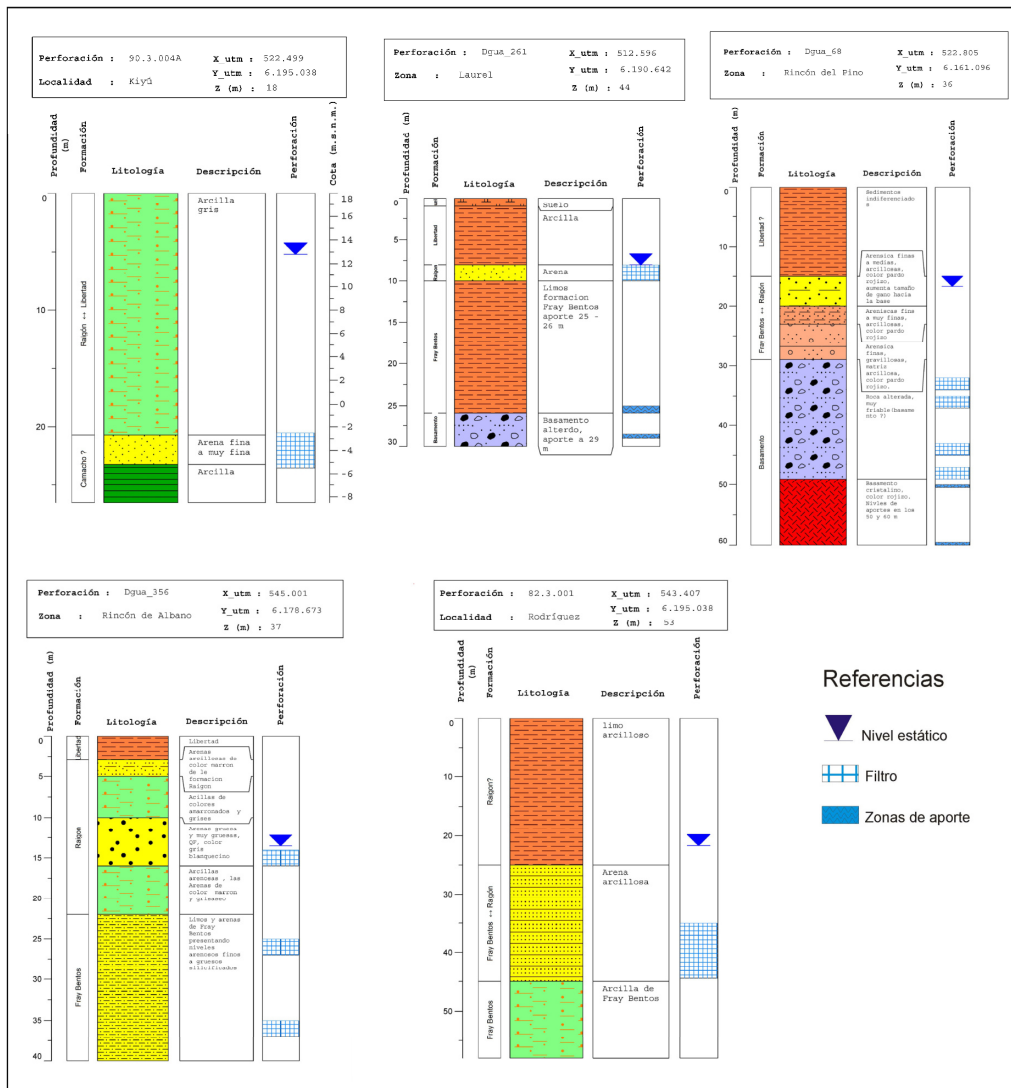


Figura 26: Ejemplos de perforaciones que captan agua subterránea de los materiales del piso del SAR

8. HIDROQUÍMICA DEL AGUA DEL SAR

En este capítulo se analizará aspectos físico-químicos del agua del acuífero a partir de datos de antecedentes y generados en este proyecto: tipos de agua, proceso, evolución del agua subterránea y su relación con la geología e hidrogeología.

8.1. Datos físicos-químicos de las aguas en el SAR

Durante el transcurso del proyecto se levantaron varias muestras de agua para análisis de parámetros físicos e iones mayores (Dinamige_1). Además se realizaron varias medidas de pH, temperatura y conductividad a boca de pozo de muestras de agua que solo se realizó análisis de metales trazas (Dinamige_3). Por otra parte se contó con análisis físico-químicos realizados por Dinamige entre los años 2016-2017 no publicados (Dinamige_2)

También se recopiló y depuró información de terceros. Por un lado los datos del proyecto RLA-8/031 con análisis físico-químico de muestras de agua de varias perforaciones. En este proyecto se muestreo varias veces los mismos pozos en distintas fechas, por lo que se utilizó como criterio de selección el análisis químico con menor error en el balance iónico.

También se recopiló los datos físico-químicos del proyecto Prenader ejecutado por la consultora Carballo-INYPSA.

Además se contó con datos parciales de OSE, principalmente parámetros físicos y algunos iones mayores, así como datos de pH, temperatura y conductividad de la tesis inconclusa de Guérèquiz R. publicados en Mañay N. et al.-2013.

En algunos casos existe información hidroquímica similar de los mismos pozos pero de distintas fuentes, por lo que se optó como criterio dejar la información más reciente.

En el Cuadro 6 se presenta un detalle de la cantidad y tipo de datos por fuente y en la Figura 27 se muestra la distribución de esta información en la región del SAR.

Fuente	Cantidad de muestras	Fecha	Tipo de información
Dinamige_1	38	2020 y 2021	1
Dinamige_2	24	2016 y 2017	1
Dinamige_3	30	2020 y 2021	3
RLA-8/031	44	2000 al 2003	1
INYPSA	50	1995	1
OSE	41	2010 al 2014	2
Mañay N. et al. -2013	24	2007	3

1 : Parámetros físicos e iones mayores
 2: Datos parcial de parámetros físicos e iones mayores
 3: Solo pH, temperatura y conductividad

Cuadro 6: Cantidad de muestras de agua con datos físico-químicos y fuente de información

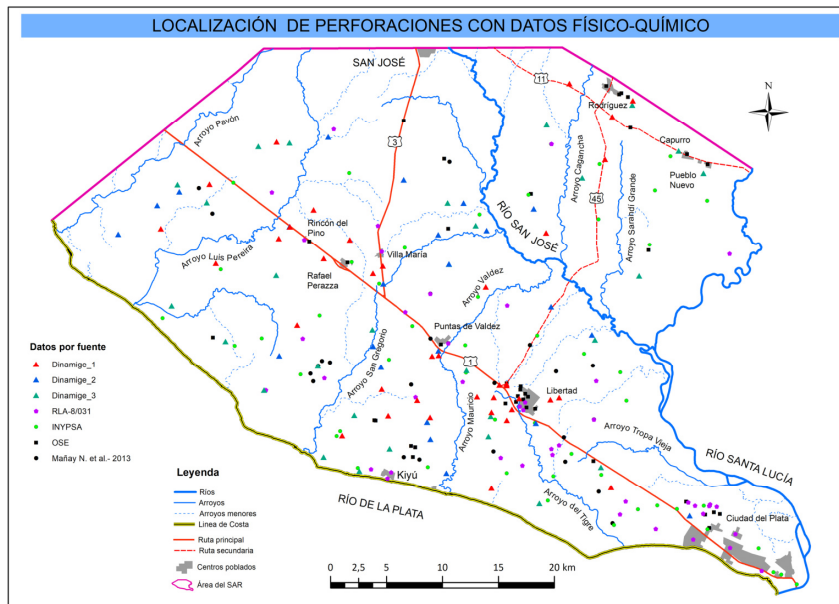


Figura 27: Carta de ubicación de perforaciones con datos físicos y/o químicos de agua del SAR

8.2. Materiales y métodos

Los análisis químicos del proyecto se realizaron en los laboratorios de Tecnogestión y Dinamige, por métodos que se detallan más adelante.

Además de los parámetros físicos e iones mayores se realizaron algunas determinaciones de flúor y fósforo:

- ✓ pH, conductividad y temperatura (en campo)
- ✓ Alcalinidad y dureza
- ✓ Iones mayores
- ✓ Fósforo y flúor

Para la determinación de los parámetros físico-químicos inorgánicos se utilizaron diferentes métodos que se resumen en el Cuadro 7

Se siguieron los protocolos de la literatura para el tipo de frascos, limpieza, uso de conservantes, etc. según los distintos analíticos. Además durante la etapa de campo las muestras se preservaron refrigeradas (< 6 °C) durante el traslado y almacenamiento hasta ser entregadas en el laboratorio. Para la mayoría de las perforaciones se esperó un tiempo prudencial antes de recoger la muestra de agua para purgar el pozo y obtener una muestra representativa del acuífero.

Parámetro/Analítico	Método	Referencia *
Turbidez	Nefelométrico	2130
Dureza total	Titulométrico	2340
Calcio	Titulométrico	3500-Ca
Alcalinidad total	Titulométrico	2320
Alcalinidad Fenolftaleína	Titulométrico	2320
Magnesio	Calculado	
Sulfatos	Turbidimétrico	4500-SO ₄ ²⁻ E
Cloruros	Argentométrico	4500-Cl ⁻ B
Nitratos	Electrométrico	4500-NO ₃ ⁻ D
Sílice	Colorimétrico	4500-SiO ₂ C
Sodio	Fotometría de emisión de llama	3500-Na B
Potasio	Fotometría de emisión de llama	3500-k B
Flúor	Potenciométrico	
Fósforo total	Espectrofotométrico	4500-P B y E
* Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 21 st Edition		

Cuadro 7: Métodos utilizados en la determinación de parámetros físicos-químicos

8.3. Tipos de agua del SAR

Para el análisis de la relación iónica de las muestras del SAR se utilizó diferentes gráficos generados con el programa DIAGRAMS v 8.1 así como análisis estadístico básico.

La mayoría de las aguas del SAR pertenecen a las facies bicarbonatadas sódicas. Un grupo menor cae en el campo de aguas bicarbonatadas cálcicas. Entre los dos grupos anteriores un número de muestras bicarbonatadas presentan diferencias (medidas en meq/L) entre Ca+Mg y Na+K muy pequeñas, incluso menor que el error analítico. Para este grupo de “transición” se clasificó a las aguas como bicarbonatadas Na/Ca. Los resultados son muy similares a los antecedentes en donde las aguas predominantes en el SAR son las bicarbonatadas sódicas pero con la diferencia que estas facies no sería tan abundante como indican los trabajos anteriores. En un número menor de muestras el anión principal es el cloro y caen en el campo de las aguas cloruradas. (Ver Cuadro 8 y Figura 28)

Tipo de agua	Cantidad	%
Bicarbonatada cálcica	28	18,1
Bicarbonatada Na/Ca	25	16,1
Bicarbonatada sódica	86	55,5
Clorurada sódica	15	9,7
Clorurada cálcica	1	0,6
Total de muestras	155	100

Cuadro 8: Tipos de agua en el SAR

La distribución espacial del tipo de agua en la región del SAR separadas a partir del diagrama de Piper se muestra en el mapa de la Figura 29.

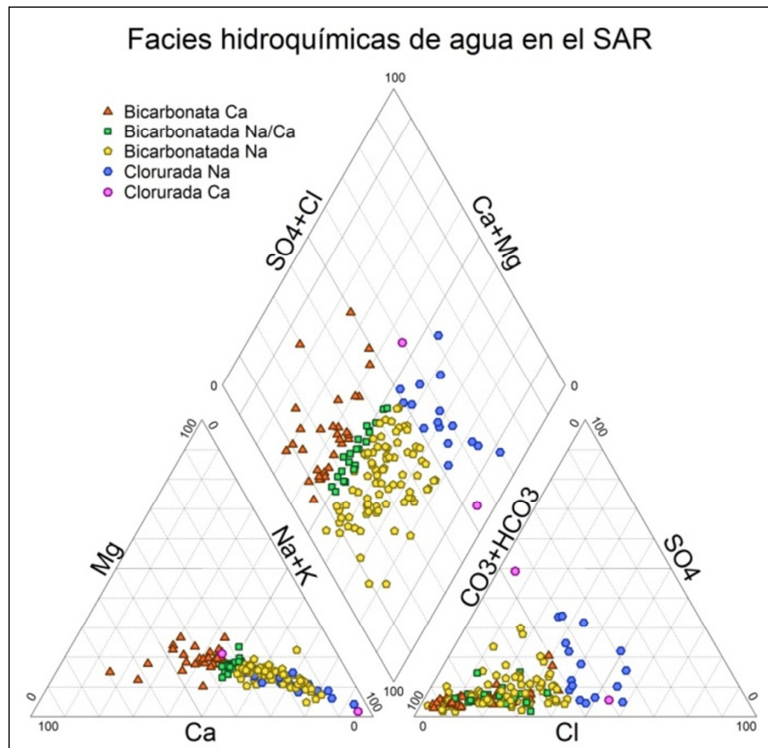


Figura 28: Distribución del agua del SAR en el diagrama de Piper

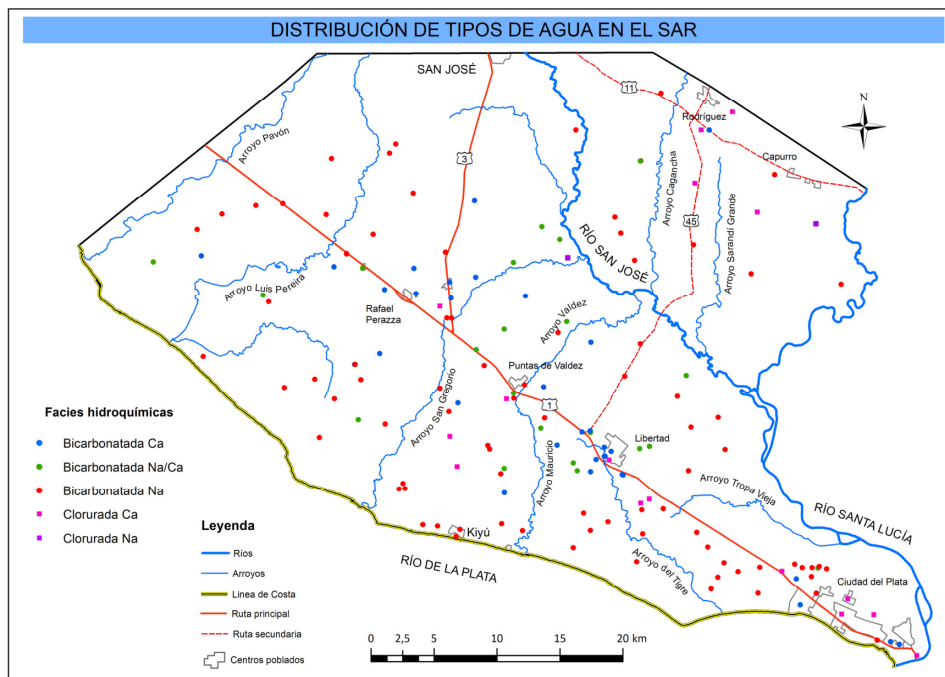


Figura 29: Distribución espacial de tipos de agua en la región del SAR

Se realizó un análisis estadístico por separado para las facies bicarbonatadas del acuífero Raigón y Chuy. Las aguas cloruradas/sulfatadas se analizan más adelante.

8.3.1. Aguas bicarbonatadas del acuífero Raigón

Como era de esperar la relación Na/Ca+Mg es mayor en las aguas bicarbonatadas sódicas que en las bicarbonatadas cálcicas. También las primeras en promedio presentan mayor contenido de Cl y SO₄, así como una mayor conductividad eléctrica. El anión bicarbonato (HCO₃⁻) presenta valores similares en ambos tipos de agua (Promedio y Mediana) y el contenido de sílice es levemente mayor en las aguas bicarbonatadas cálcicas. El pH es igual en los dos tipos, siendo aguas neutras a ligeramente básicas. El catión potasio tiene un comportamiento particular ya que es prácticamente igual en ambos tipos de agua y no presenta correlación con ningún ion incluyendo el Na.

Las aguas bicarbonatadas Na/Ca en general presentan un contenido de iones intermedio entre los dos tipos de agua antes analizados. Ver Cuadro siguiente

Parámetro	Tipo	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	SiO ₂	Iones
Máximo	1	7,7	1566,0	124,1	35,7	134,0	12,6	468,5	192,0	60,3	140,0	76,3	1064,8
	2	7,8	1362,0	83,5	28,6	152,0	9,0	494,1	161,0	90,2	66,0	100,0	965,3
	3	8,6	2061,0	86,0	30,8	317,4	11,9	794,2	232,3	200,5	135,5	70,5	1498,7
Mínimo	1	6,8	460,0	43,2	10,5	35,9	1,9	187,3	7,8	10,0	18,1	26,3	368,6
	2	6,7	558,0	34,3	10,4	60,0	1,3	253,8	16,0	10,0	12,0	53,7	433,0
	3	6,5	451,0	12,5	3,9	56,8	2,1	164,1	4,4	5,0	2,2	5,0	376,4
Promedio	1	7,3	779,7	65,8	20,5	73,4	5,8	375,8	45,0	20,8	37,0	62,5	644,1
	2	7,3	859,1	57,2	19,1	99,9	5,7	380,2	67,3	29,8	32,9	69,8	692,1
	3	7,5	937,9	45,0	16,6	142,2	6,2	401,8	80,1	41,8	30,0	57,2	763,7
Mediana	1	7,2	750,0	62,4	19,5	72,1	6,1	402,9	36,4	17,6	29,0	64,9	640,6
	2	7,4	846,5	61,1	19,3	102,4	5,8	391,2	52,6	22,7	29,9	65,9	725,3
	3	7,5	910,0	44,1	15,8	130,0	6,0	395,2	73,0	28,8	26,8	61,4	711,7
Desviación	1	0,2	205,7	18,9	5,3	20,5	2,6	73,3	37,8	10,3	25,2	13,6	132,8
	2	0,3	236,3	14,5	5,5	25,5	1,9	75,5	41,5	20,6	16,1	13,3	147,8
	3	0,3	313,4	16,2	5,6	56,4	2,4	107,0	52,8	39,0	19,1	15,2	239,6

Tipo 1 : bicarbonatada Ca, Tipo 2 : bicarbonatada Na/Ca, Tipo 3 : bicarbonatada Na
Iones en mg/L, CE (conductividad eléctrica) en µS/cm

Cuadro 9: Parámetros estadísticos según tipo de agua bicarbonatada del SAR-acuífero Raigón.

8.3.2. Aguas bicarbonatadas del acuífero Chuy

Como ya fue identificado por el Proyecto RLA/8/031 las aguas del acuífero Chuy presentarían diferencias estadísticas significativas con respecto a las aguas del acuífero Raigón. Nuestro análisis estadístico con un número mayor de muestras confirma esta diferencia. Si bien las aguas de ambos acuíferos son bicarbonatadas sódicas o cálcicas, las aguas del acuífero Chuy presentan una CE menor mineralización. Comparativamente las aguas bicarbonatadas del acuífero Chuy tienen un contenido menor de todos los iones que se refleja en una conductividad eléctrica mucho menor que el promedio del acuífero Raigón. La única excepción es el contenido de K que aparece con valores ligeramente más altos en el acuífero Chuy. Además las aguas del acuífero Chuy son neutras a ligeramente ácidas. Ver cuadro siguiente.

SISTEMA ACUÍFERO RAIGÓN: SÍNTESIS DEL CONOCIMIENTO

Parámetro	Acuífero	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4	NO3	SiO2	Iones
Máximo	Raigón	8,6	2061,0	124,1	35,7	317,4	12,6	794,2	232,3	200,5	140,0	100,0	1498,7
	Chuy	8,5	1001,0	73,5	14,3	120,7	10,9	319,4	87,1	62,6	45,9	74,9	602,1
Mínimo	Raigón	6,5	451,0	12,5	3,9	35,9	1,3	164,1	4,4	5,0	2,2	5,0	368,6
	Chuy	6,4	162,0	19,8	2,9	5,0	1,5	55,8	12,9	9,7	4,6	8,5	139,1
Promedio	Raigón	7,4	890,0	51,6	17,9	120,1	6,0	392,5	70,2	35,2	32,0	60,8	725,5
	Chuy	7,1	540,4	34,0	8,1	62,6	7,3	186,1	52,8	22,8	19,2	49,3	392,9
Mediana	Raigón	7,4	823,0	47,9	17,5	105,3	6,0	396,3	60,9	23,9	28,0	64,4	694,7
	Chuy	6,9	583,5	29,1	8,0	63,0	8,0	192,8	53,5	20,0	17,3	55,6	408,4
Desviación	Raigón	0,3	286,8	18,7	5,8	54,7	2,4	95,9	49,9	33,1	20,2	15,1	211,9
	Chuy	0,6	218,9	15,2	3,1	32,6	2,6	71,7	25,7	13,2	12,1	24,6	143,9

Iones en mg/L, CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$

Cuadro 10: Parámetros estadísticos comparativos de aguas bicarbonatadas del acuífero Raigón y Chuy

También se realizó un análisis estadístico entre los dos grupos de aguas del acuífero Chuy. En general las diferencias entre las aguas bicarbonatadas cálcicas y sódicas son similares a la ya planteadas entre estos dos tipos de agua en el acuífero Raigón. Con la excepción que el K se encuentra en mayores concentraciones en las aguas bicarbonatadas sódicas y que estas son aguas ligeramente ácidas y las bicarbonatadas cálcicas son ligeramente básicas. Ver Cuadro 11

Parámetro	Tipo	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4	NO3	SiO2	Iones
Máximo	1	8,5	1001,0	73,5	14,3	67,0	10,9	285,5	86,7	62,6	19,2	74,9	558,3
	3	7,7	710,0	34,9	12,0	120,7	9,5	319,4	87,1	31,0	45,9	56,5	602,1
Mínimo	1	6,5	162,0	24,3	2,9	5,0	1,5	55,8	12,9	10,0	7,6	8,5	139,1
	3	6,4	353,0	19,8	5,7	36,0	4,2	123,2	26,0	9,7	4,6	51,2	252,1
Promedio	1	7,5	496,5	46,8	7,3	35,1	5,9	165,9	43,4	26,3	12,5	41,7	343,2
	3	6,9	555,0	27,8	8,3	75,2	7,9	191,9	57,0	21,6	23,2	54,4	412,8
Mediana	1	7,5	411,5	44,7	6,1	34,2	5,7	161,1	36,9	16,3	11,7	41,7	337,7
	3	6,7	583,0	27,5	7,8	72,5	8,4	192,8	54,0	20,7	20,6	55,6	405,1
Desviación	1	0,9	401,1	24,2	5,2	31,9	4,1	113,4	34,4	24,4	5,0	47,0	225,9
	3	0,4	126,8	5,3	2,3	28,1	1,7	56,5	23,7	7,1	13,2	2,8	113,1

Tipo 1 : Bicarbonatada Ca, Tipo 3 Bicarbonatada Na
Iones en mg/L, CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$

Cuadro 11: Parámetros estadísticos según tipo de agua bicarbonatada del SAR-acuífero Chuy.

8.3.3. Aguas cloruradas del SAR

Un grupo minoritario de muestras presentan contenido de Cl o Cl+SO4 mayor que bicarbonato, por lo que caen en el campo de las aguas cloruradas/sulfatadas, principalmente sódicas. Este grupo de muestras ha sido considerado por los antecedentes como “anómalas”, en el sentido que no son representativas de las aguas bicarbonatadas típicas del SAR.

Gran parte de estas muestras se localizan en dos regiones, en el sector NE o depresión Norte y en la localidad de Rincón de la Bolsa (Ver Figura 29). En la región NE muchas perforaciones extraen agua también de los niveles permeables de la formación Fray Bentos. En este sentido el informe de la consultora Carballo-INYPSA plantea como hipótesis para esta región que las aguas de Fray Bentos le imprimen las características diferentes al agua típica del SAR.

Para la región de Rincón de la Bolsa el mismo informe plantea que los valores altos de cloruros podrían estar asociados a la captación también de agua del Fray Bentos y a la cercanía de la desembocadura del río Santa Lucía que presenta frecuentemente valores altos de este anión. No se puede descartar que en algunas perforaciones el contenido relativamente alto de cloruros y sulfatos esté asociado a contaminación antrópica. Varios de las perforaciones con aguas cloruradas son usadas para riego en cultivos de frutales o vid, donde el uso de agroquímicos es frecuente.

En el siguiente cuadro se resume las principales características de este tipo de agua

Parámetro	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	SiO ₂	Iones
Máximo	8,2	2822,0	179,2	59,4	625,3	26,2	682,1	604,7	377,0	78,0	73,2	2221,7
Mínimo	6,9	658,0	13,8	6,1	101,0	3,4	161,6	97,0	12,4	4,4	56,5	407,8
Promedio	7,5	1734,9	71,3	25,7	290,5	9,4	434,4	278,5	169,2	33,1	63,8	1312,1
Mediana	7,4	1748,0	65,0	24,2	265,0	7,2	472,3	217,0	152,6	31,0	61,5	1334,5
Desviación	0,3	665,1	46,8	14,6	154,2	7,0	148,3	158,3	127,0	21,3	6,6	548,0

Iones en mg/L, CE en µS/cm

Cuadro 12: Parámetros estadísticos de aguas cloruradas del SAR

8.4. Flúor y fósforo en el agua del SAR

También se realizaron varias determinaciones de fósforo y flúor. Para este último elemento se contó además con datos analíticos de OSE.

El fósforo total en el agua del SAR es relativamente bajo, con más del 90 % de las muestras con contenido menor a 0,5 mg/L de fósforo total.

El flúor del agua del SAR presenta valores muy bajos, todos menores al valor máximo recomendado de 1,5 mg/L. Ver Cuadro siguiente

Parámetro	Fósforo total (mg/L P)	Fluoruro (mg/L F ⁻)
Máximo	1,01	0,6
Mínimo	< 0,05	< 0,50
Muestras	44	48

Cuadro 13: Valores de P total y Flúor en las aguas del SAR

8.5. Dureza del agua en el SAR

La dureza está determinada principalmente por el contenido de los cationes bivalentes Ca y Mg. Se dice que un agua es dura cuando su contenido de iones Ca²⁺ y Mg²⁺ disueltos excede lo tolerado para el uso al que se destina dicha agua. [Neira M.-2006]. Es por este motivo que la clasificación de dureza varía según los países/regiones, adaptándose a los tipos de agua y/o los usos.

El agua dura no afecta la salud, solo puede variar las propiedades organolépticas de la misma. Si puede ser importante en el uso industrial ya que el agua dura forma depósitos sólidos compuestos principalmente de sales de calcio y magnesio y puede dañar los equipos, mientras que el agua blanda puede ser corrosiva. [Neira M.-2006].

La mayoría de las aguas del SAR presentan una dureza inferior a los 250 mg/L (expresada como CaCO₃), con un promedio de 160 mg/L (Ver gráfico y cuadro estadístico adjunto). Según la clasificación utilizada (escala de Merck) son la mayoría aguas Semi-Duras. En otras clasificaciones como la de la OMS la mayoría del agua caería en el campo de aguas muy duras.

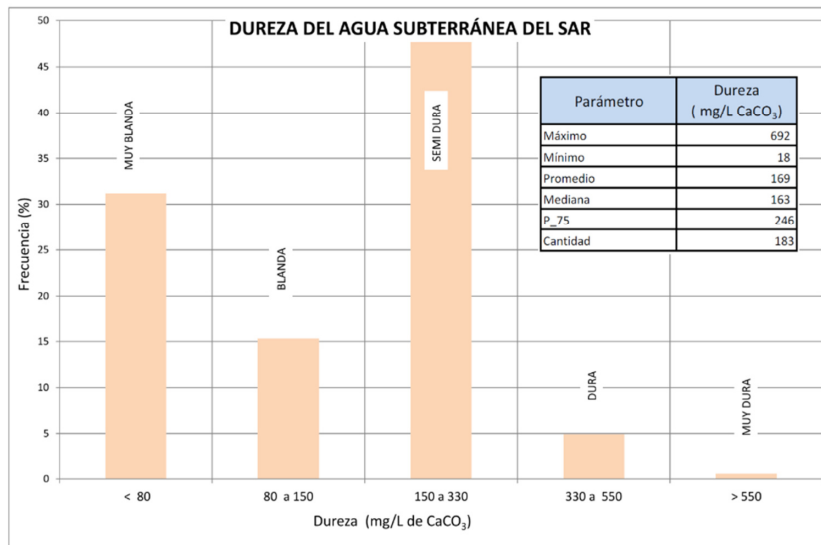


Figura 30: Distribución de valores de dureza en el agua del SAR y cuadro estadístico

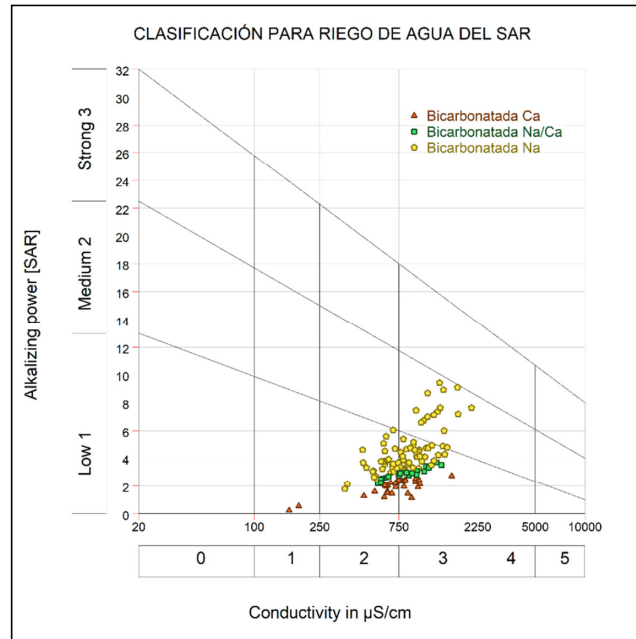
8.6. Calidad de agua para riego en el agua del SAR

Para evaluar la calidad del agua para riego desde el punto de vista hidroquímico se utiliza la salinidad del agua (en general medida a través de la conductividad eléctrica) y el potencial de sodificación medidos a través del porcentaje de sodio o de la relación de adsorción de sodio (RAS) que relaciona la concentración de Na, Ca y Mg del agua.

En la figura y cuadro siguiente se presenta la calidad para riego de aguas bicarbonatadas del sistema acuífero Raigón, utilizando la clasificación del Departamento de Agricultura de U.S.A. [Richards, L.A.-1954] donde se grafica conductividad eléctrica contra la relación de adsorción de sodio: $RAS \text{ o } SAR = Na^+ / [Ca^{+2} + Mg^{+2}] / 2]^{1/2}$

Todas las muestras presentan conductividades entre 250 y 2250 µS/cm indicando aguas con salinidad moderada a alta (Clases C2 y C3). En cuanto al RAS todas las aguas bicarbonatadas

cálcicas y Na/Ca presentan bajo riesgo de sodificación. Para las aguas bicarbonatadas sódicas una pequeña cantidad presentan riesgo de sodificación medio. (Clases S1 y S2). Figura 31



C2	Agua de salinidad moderada, puede usarse en casi todos los cultivos con suelos de buena permeabilidad. En caso de permeabilidad deficiente del suelo, es necesario elegir el cultivo, evitando aquellos muy sensibles a las sales. Se requiere riegos de lavado ocasionales.
C3	Agua de salinidad alta, debe usarse en suelos de permeabilidad moderada a buena, y aun así, efectuar riegos de lavado para evitar que se acumulen las sales en cantidades nocivas para las plantas. Deben seleccionarse cultivos con tolerancia a la salinidad.
S1	Bajo peligro de sodificación: Pueden usarse en casi todos los suelos sin riesgo de que el nivel del sodio de intercambio se eleve demasiado.
S2	Peligro de sodificación Mediano: estas aguas pueden usarse en suelos de textura gruesa o con buena permeabilidad. En suelos de textura fina o con drenaje deficiente, puede elevarse el sodio de intercambio, este efecto se ve atenuado en suelos con yeso.

Figura 31: Diagrama de “Richards” y cuadro explicativo de aptitud para riego de las clases de agua bicarbonatadas del SAR

8.7. Conductividad eléctrica del agua del SAR

La conductividad eléctrica del agua subterránea en el acuífero varía en forma importante según las diferentes zonas. Los valores promedio y mediana son de 950 y 860 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, con la mayor parte de los datos (percentil 75) por debajo de los 1110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ver Gráfica y cuadro estadístico en la Figura 32). La variación espacial de este parámetro se muestra en el mapa de la Figura 33. Se observa la presencia de grandes regiones con conductividad relativamente alta y una gran región central con valores de este parámetro físico relativamente bajos. Un análisis e interpretación de la distribución espacial de la conductividad en conjunto con aspectos geológicos e hidrogeológicos se realiza al final de este capítulo.

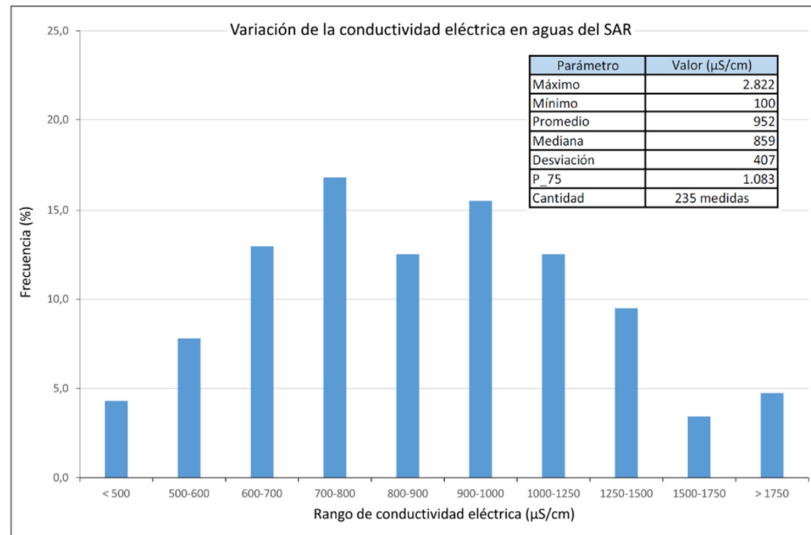


Figura 32: Distribución y estadísticos de los valores de conductividad en el SAR

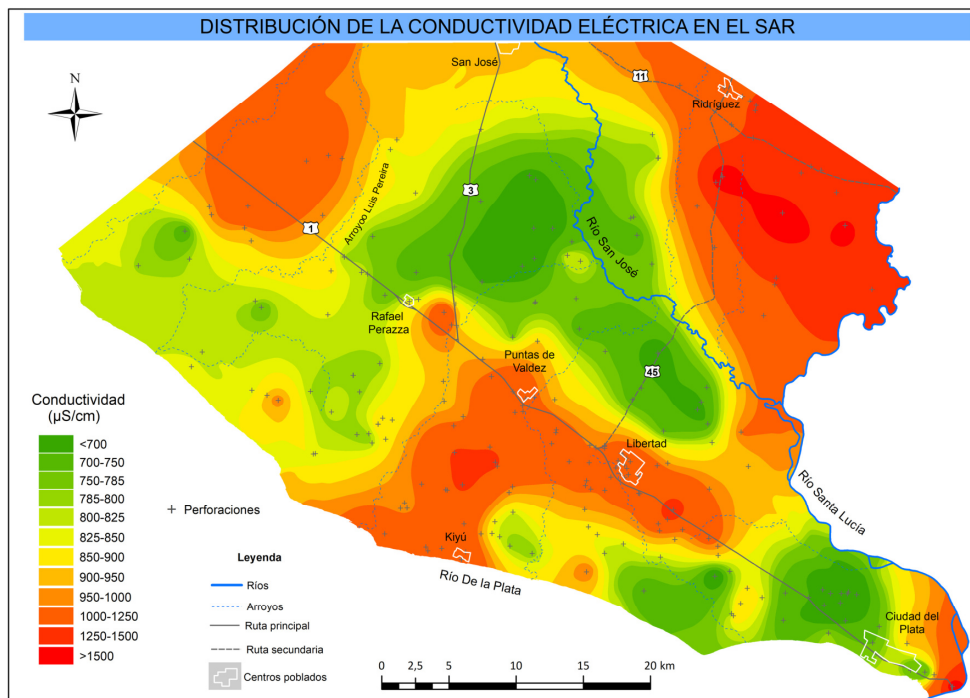


Figura 33: Variación espacial de la conductividad del agua en la región del SAR

8.8. Hidroquímica del agua del SAR y su relación con la geología e hidrogeología.

No existe suficiente información en especial química/mineralógica de los materiales de la zona no saturada y saturada del SAR para elaborar un modelo que explique satisfactoriamente las características y variaciones espaciales físico-químicas del agua y su relación con la geología e hidrogeología. Esto se suma a la dificultad de plantear un modelo geológico sencillo y representativo de todo el acuífero debido a las importantes variaciones estratigráficas de las unidades acuíferas.

A pesar de estas limitaciones creemos que es posible plantear algunas hipótesis sobre la evolución química del agua bicarbonatada del SAR y los procesos hidroquímicos involucrados. En base a la caracterización físico-química de las aguas del SAR presentadas anteriormente, de la geología y estratigrafía de la región del SAR (analizada en capítulos anteriores), a la escasa información mineralógica y utilizando las ideas y modelos conceptuales del capítulo hidroquímica del trabajo del proyecto RLA/8/031

Además como insumo para el análisis se realizó un mapa con la capa de la variación espacial de las relaciones Na/Ca+Mg expresadas en meq/L (solo para las aguas bicarbonatadas). En el mismo se incluye también el isoespesor de la cobertura mayor a 10 m (Libertad ±pelitas del techo del Raigón), las principales divisorias de agua subterránea y el tipo de agua bicarbonatada en las perforaciones de la región Centro-Sur del SAR.

Las regiones al NE del río San José, al oeste del arroyo Pereira y alrededores de la ciudad del Plata con características particulares se analizarán por separado. Ver Figura siguiente

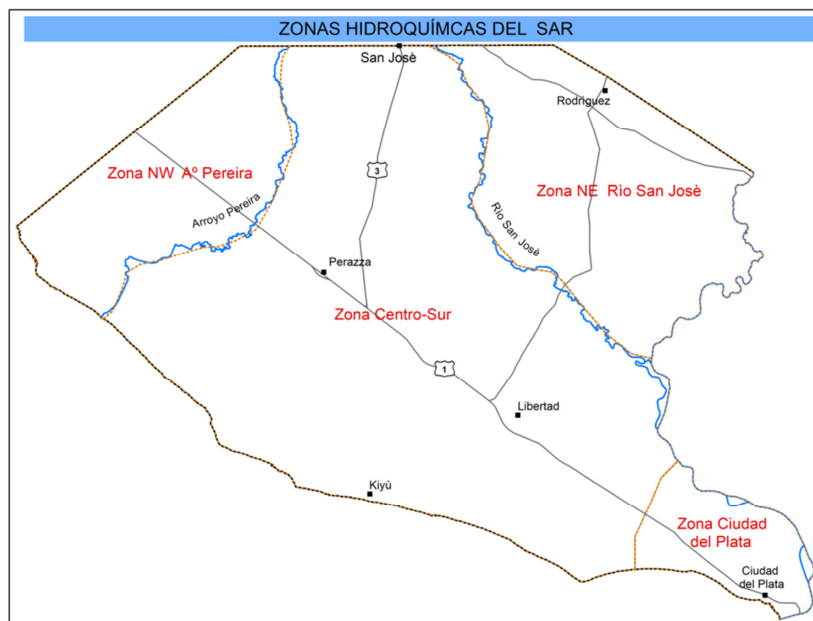


Figura 34: Zonificación hidrogeológica/hidroquímica del SAR

La recarga del SAR se produce principalmente en forma indirecta a través de la cobertura pelítica, en especial las litologías de la formación Libertad. El agua de lluvia al infiltrarse lentamente a través de esta Unidad hasta alcanzar los niveles saturados se enriquecería con Ca, Mg y HCO₃ producto de la disolución de carbonatos. La presencia de carbonatos en la unidad Libertad es casi constante y con porcentaje que pueden ser muy altos [Pérez M. - 1991]

También otros procesos hidroquímicos como el intemperismo de silicatos, disolución de minerales/sustancias como yeso, halita, vidrio volcánico, etc. aportarían otros solutos como Na, K, Cl, SO₄, Sílice, etc.

Como se observa en la Figura 35 las zonas de la relación Na/Ca+Mg menores (con predominio de pozos con agua bicarbonatada cálcica) coinciden bastante bien con los interfluvios de agua subterránea y los mayores espesores de la cobertura (zonas de recarga vertical). Dos excepciones parecen ser la zona de Puntas de Valdez y Kiyú donde predominan perforaciones con agua bicarbonatada sódicas.

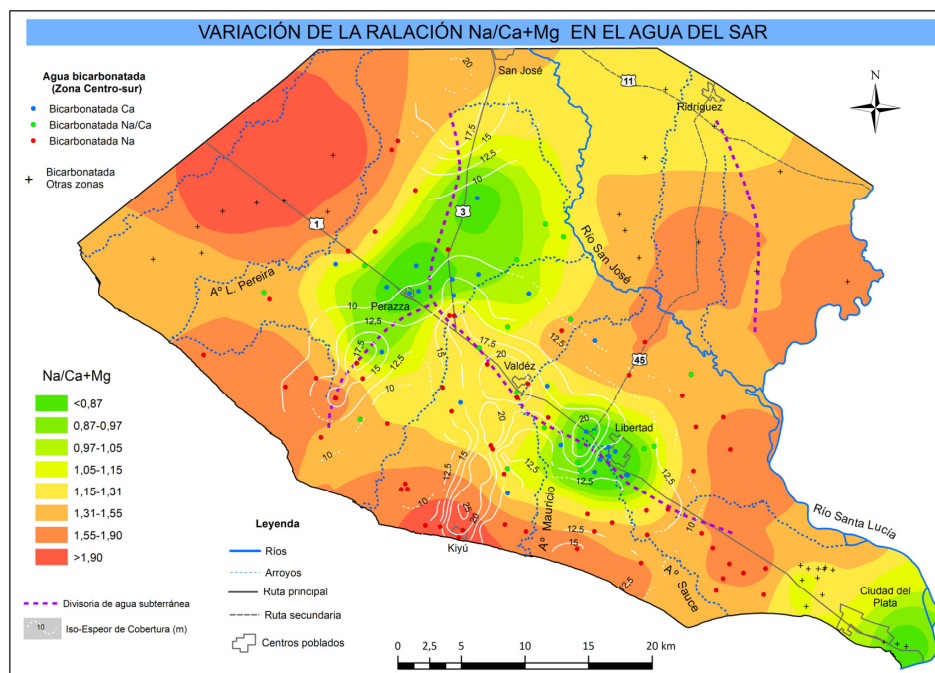


Figura 35: Variación espacial de la relación Na/Ca+Mg de aguas bicarbonatadas del SAR

El agua que ingresa al sistema acuífero evolucionaría a aguas bicarbonatadas sódicas a partir de algún proceso que modifica la relación Na/Ca+Mg. Para la región Centro-Sur esta relación parece ser mayor (y con mayor cantidad de perforaciones con agua bicarbonatada sódica) en las zonas con menor o nula cobertura y próximo a las zonas de descarga.

Un posible proceso hidroquímico responsable del aumento en el contenido de Na en el agua del acuífero es planteado en el informe final del proyecto RLA/8/31. Los autores postulan un modelo conceptual según el cual “el agua percola desde el nivel superior hacia el inferior pasando por el acuitardo y produciéndose en ese pasaje un intercambio catiónico con adsorción de calcio y liberación de sodio.”

Además plantean que dada la mineralogía de los niveles arenosos y la relativamente corta residencia del agua en el sistema no se producirían modificaciones químicas significativas del agua en los niveles permeables.

Intentado testear la hipótesis de intercambio iónico normal o ablandamiento se realizó un análisis gráfico a partir de distintas relaciones entre los iones mayoritarios del agua del SAR solo con datos de la región Centro-sur. Este tipo de análisis utilizado ampliamente en la literatura no son concluyentes sino que indican que determinados procesos hidroquímicos pueden o no haber ocurrido y la posible fuente de solutos :

a. Relación $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ vrs. $HCO_3^-+SO_4^{2-}$ y Na^+ vrs. Cl^-

Estas relaciones permiten identificar la posible fuente de los iones y procesos hidroquímicos asociados. Para ello se plotean los datos en meq/L, junto con una equilínea 1:1 (línea de equilibrio estequiométrico) [de Carvalho Filho C. et al.-2022, Srinivasamoorthy K. et al. -2014]

En las Figuras 36a y 36b se presentan los gráficos con las relaciones antes mencionadas y se observa un exceso de bicarbonato y sodio para todas las muestras. Si bien el exceso de Na podría ser explicado por el intemperismo de la plagioclasa, el proceso de ablandamiento con intercambio de Ca y Mg en el agua por Na de arcillo-minerales explica además el exceso de HCO_3^- .

b. Índice Cloro-Álcalis (CAI)

El Índice Cloro-Álcalis (CAI-I y CAI-II) es un indicador de posibles procesos de intercambio iónico. Los valores de CAI serán positivos si hay un proceso de endurecimiento, negativo si hay un proceso de ablandamiento y no hay proceso de intercambio iónico si los valores CAI son cercanos a cero. [Zhang T. et al.-2023, Zhang L. et al.-2023]

$$CAI-I = [Cl^- - (Na^+ + K^+)] / Cl^- \text{ (meq/L)}$$

$$CAI-II = [Cl^- - (Na^+ + K^+)] / (HCO_3^- + SO_4^{2-} + NO_3^-) \text{ (meq/L)}$$

En la Figura 36c se grafica CAI-I vrs. CAI-II y se observa que todas las muestras presentan valores negativos lo que indica un posible proceso de ablandamiento.

c. Relación Ca+Mg-HCO₃-SO₄ vs. Na-Cl

Este análisis relaciona el Ca y Mg no proveniente de la disolución de carbonatos ni sulfatos contra el Na no proveniente de la disolución de halita. Si existe intercambio iónico los datos se alinearán en una recta con pendiente -1. Las aguas cerca del valor 0 del eje X no son influenciados por este proceso. [Tay C et al.-2018, Argamasilla M et al.-2017]

En la Figura 36d se grafica esta relación iónica y se observa que existe una buena correlación negativa ($R^2=0,89$) y la recta presenta una pendiente de -0,98, con casi todos los puntos alejados de cero. Por lo cual el proceso de intercambio iónico es posible

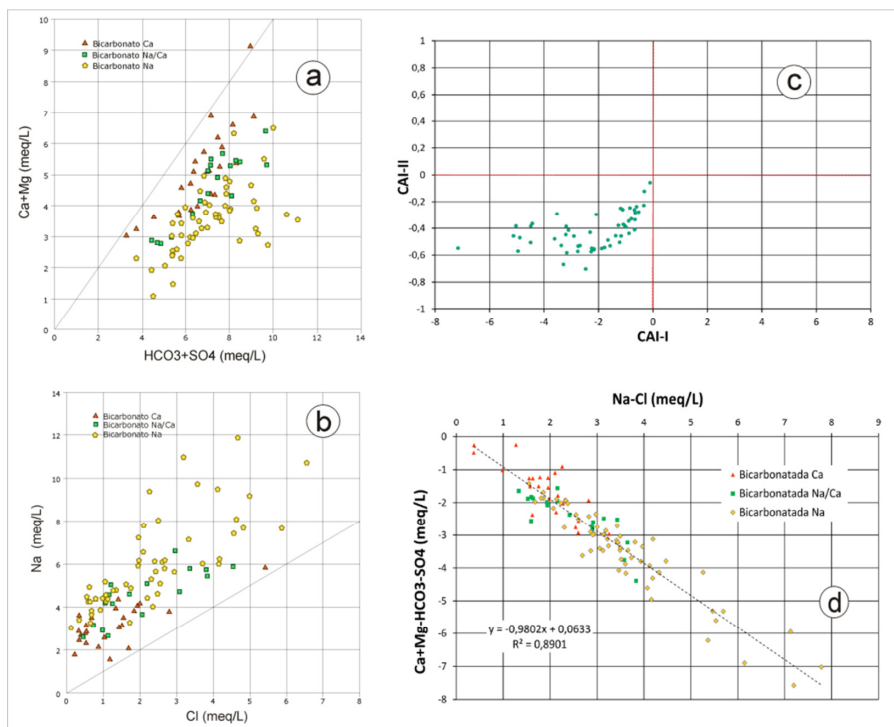


Figura 36 : Relaciones iónicas de muestras de agua bicarbonatadas de la región Centro-Sur del SAR

Por otra parte si el ablandamiento del agua que llega al sistema acuífero se produce por el intercambio del Ca y Mg del agua por el Na contenido de los arcillo-minerales de los niveles pelíticos intercalados (acuitardos), es probable que también se produzca un intercambio iónico al atravesar el agua de recarga los estratos pelíticos cuspidales de la formación Raigón.

Para la región de Kiyú con un importante espesor de cobertura la relación Na/Ca+Mg es alta y con todas las perforaciones con aguas bicarbonatadas sódicas. Para esta región se cuenta con algunas perforaciones con descripciones litológicas (de este trabajo y de terceros) y según nuestra interpretación por debajo de la unidad Libertad o directamente por debajo del horizonte edáfico ocurren pelitas cuspidales de la formación Raigón. En particular la

perforación A 890 y la perforación de OSE 90.3.023 (ambas en el predio de la escuela 77) tiene unos 30 m de cobertura, de los cuales aproximadamente 20 m corresponden a limos-arcillas de colores grises-verdosos y beige del techo de la formación Raigón.

Para la región de Puntas de Valdez, con un importante espesor de cobertura la relación Na/Ca+Mg es relativamente alta y con varias perforaciones con aguas bicarbonatadas sódicas. Para esta zona con solo dos perforaciones con descripción litológica indican que por debajo de la unidad Libertad ocurren unos 6 metros de pelitas atribuidas al techo de Raigón.

También se realizó un análisis espacial de la variación de la conductividad y su posible relación con la geología e hidrogeología. Un análisis similar ya fue realizado en el informe final proyecto RL/A/031. Nuestros resultados son similares al trabajo antes mencionado pero con ciertos matices. En la Figura 37, se presentan los resultados donde se incluye además de la variación espacial de la conductividad, las zonas de la formación Raigón aflorante (acuífero libre), líneas de isoespesor de la cobertura, el piso del SAR aflorante y los principales interfluvios de aguas subterráneas. Se observa una buena coincidencia entre las zonas de mayor espesor de la cobertura (principalmente la formación Libertad) y las mayores valores de salinidad o conductividad. Esas zonas además son interpretadas como áreas principalmente de recarga vertical. Por otro lado en las zonas de bajo espesor de la cobertura o directamente zonas del acuífero libre se observan los menores valores de conductividad. Estas zonas son interpretadas como áreas de descarga o cercanas a las mismas.

Este aparente “inversión” en la evolución normal del agua “mayor salinidad en zonas de recarga y menor salinidad en zonas de descarga” sería el resultado de una mezcla de aguas según el Modelo Conceptual II (Proyecto RL/A/031). Los autores de dicho trabajo plantean que en las zonas de descarga o cercana a las mismas, con baja o nula cobertura, el agua de lluvia penetra directamente sin o con escasas modificaciones y se mezcla con el agua más salina del flujo profundo. Esta mezcla de aguas produce un efecto de dilución del agua del flujo regional dando como resultado un agua menos salina. Para los modelos elaborados en el Proyecto RL/A/031 el aporte de agua de lluvia directa (infiltración) local tendría una mayor participación en la composición final del agua subterránea.

También se puede observar en la carta de la Figura 36 dos zonas con conductividad más alta (zona NE y zona al oeste del arroyo Pereira) y una zona con conductividad baja en la ciudad del Plata.

La región NE o depresión Norte presenta ciertas particularidades que explicarían la alta conductividad para esta zona. El espesor del acuífero en muchas zonas es reducido y el piso del SAR para esta región (formación Fray Bentos) está cerca o directamente aflorante y puede presentar niveles arenosos acuíferos.

A partir de la interpretación del perfil litológico de las perforaciones y/o ubicación de los filtros y de valores del espesor estimado del acuífero se han identificado varias perforaciones que toman agua también o exclusivamente de niveles permeables de la formación Fray Bentos

- ✓ Perforación FB152, toma agua exclusivamente del Fray Bentos y presenta un valor de conductividad de 1716 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (RLA/8/031).
- ✓ Varias perforaciones de OSE en Rodríguez (82.3.001, 82.3.005, 82.3.009) toman agua al menos en parte del Fray Bentos, con una conductividad entre 950 y 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ✓ La perforación Dgua_83, cerca de Rodríguez estaría tomando agua al menos en parte del Fray Bentos y presenta un valor de conductividad de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ✓ Pozo 89.1.006 de OSE en Rincón de Albano, tomaría agua de Raigón y Fray Bentos con conductividad de 1040 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ✓ Perforación Dgua_356, tomaría agua de Raigón y Fray Bentos con conductividad de 1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$

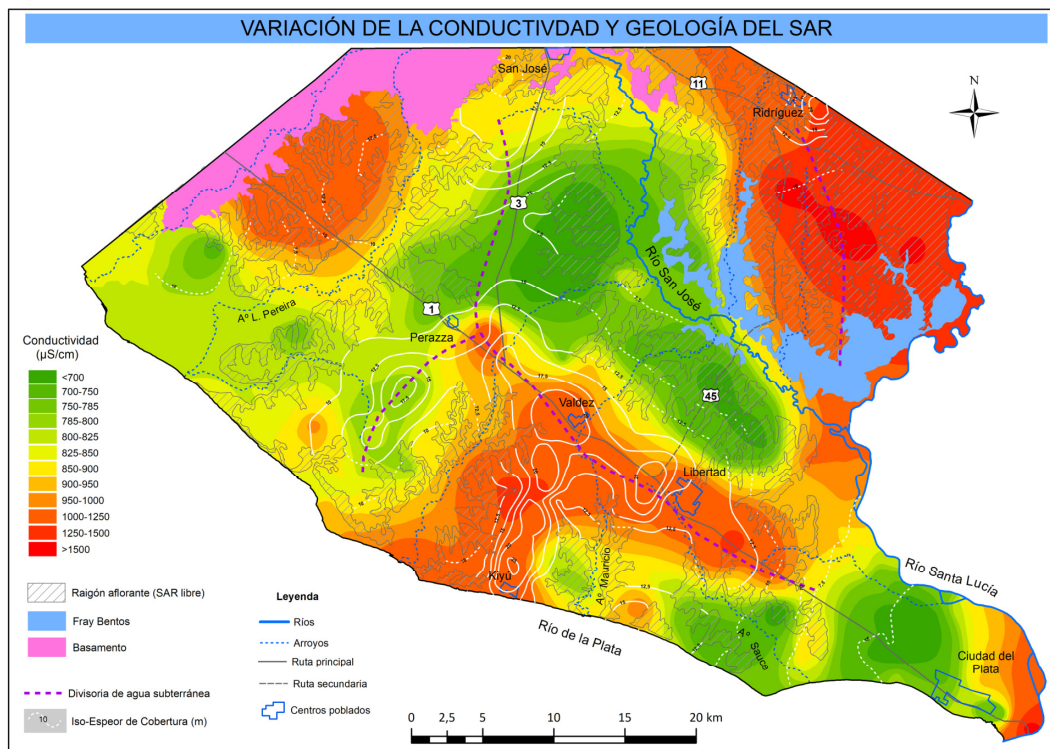


Figura 37: Variación de la conductividad en el agua del SAR y su relación con la Geología e Hidrogeología del acuífero.

Por lo cual los valores altos de conductividad se deberían a que el agua de la formación Fray Bentos es más salina y el valor final dependería de la proporción de mezcla de aguas.

Para esta región la menor conductividad en las zonas de descarga ubicadas en las cercanías del valle del río San José se podría deber a la dilución del flujo profundo por la entrada directa del agua de lluvia (Modelo Conceptual del proyecto RL/A/031). Pero también podría deberse a que las perforaciones con datos ubicadas en las zonas de descarga o cerca de la misma estén sacando agua exclusivamente del Raigón.

Para la región con alta conductividad eléctrica al oeste del arroyo Luis Pereira, se produciría una situación similar a la región antes mencionada. El piso del Raigón, ya sea la formación Fray Bentos y/o el Basamento también estarían aportando agua a varias de las perforaciones de esta zona. Acá los datos relativamente seguros que tengan tanto perfil litológico y valores de conductividad son muy pocos.

- ✓ La perforación Dgua_261 en la región de Puntas del Laurel está tomando agua al menos en parte del Fray Bentos y del basamento con un valor de conductividad de 1700 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ✓ Algo similar para la perforación Dgua_213_bis en la zona de Costas de Pereira, con un valor de conductividad de 2060 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Para la región de la ciudad del Plata los valores de conductividad baja, reflejan el menor contenido de iones de las aguas de la formación Chuy con respecto al agua de la formación Raigón. (Ver Sub-Capítulo Aguas Bicarbonatadas del Chuy). Para esta zona el modelo Conceptual del proyecto RLA/8/031 propone que la composición del agua del acuífero Chuy es el resultado de recarga directa del agua de lluvia a través de cobertura (principalmente formación Dolores) poco potente. Los autores estiman que para esta región la mayor entrada de agua al sistema se produce por la recarga local y que el flujo lateral desde Raigón a Chuy representa un porcentaje no mayor al 20 %.

Los procesos hidroquímicos, las características y distribución del tipo de agua están relacionados y controlados con aspectos geológicos de la región del SAR, en especial la estratigrafía, geometría y mineralogía/geoquímica de los sedimentos en contacto con el agua de recarga.

Para las zonas con importante espesor de las pelitas de Libertad el agua de lluvia es mineralizada por diferentes procesos hidroquímica en especial liberación de Ca y Mg por disolución de carbonatos que le confieren al agua que entra al sistema un carácter bicarbonatado cálcico. En las zonas con poco espesor de Libertad o inexistente, el agua bicarbonatada sódica presenta una salinidad menor con respecto a las zonas de recarga. Esto estaría relacionado a que la recarga local con poca o ninguna modificación se mezcla con el agua más salina del flujo regional.

Para la región de la ciudad del Plata el agua del acuífero Chuy también es bicarbonatada sódica o cálcica pero con un contenido de iones mucho menor. Para esta región la cobertura (principalmente Formación Dolores) es menos potente y posiblemente con menor cantidad de carbonatos lo que produce una recarga local de aguas menos salinas antes de ingresar al sistema.

Según el Modelo I del Proyecto RLA/8/031 el agua sufriría un aumento de la relación Na/Ca+Mg por proceso de ablandamiento al atravesar los acuitardos (niveles pelíticos intercalados en el acuífero) desde el nivel superior al inferior. Suponiendo características similares de los estratos pelíticos (como similar capacidad de intercambio catiónico) es posible que este aumento en relación Na/Ca+Mg también se produzca al percolar el agua a través de los niveles pelíticos cuspidales de la formación Raigón a los niveles permeables superiores del acuífero.

9. EL ARSÉNICO EN EL SISTEMA ACUÍFERO RAIGÓN

La presencia de arsénico por encima de 10 µg/L (valor máximo recomendado por la OMS) en el SAR es conocida desde hace mucho tiempo. Existen varias publicaciones al respecto que han reportado la presencia de valores altos de arsénico en el acuífero pero en general con datos puntuales o que abarcan solo una pequeña zona del mismo (Manganelli A. et al. 2007, Guérèquiz R. et al. 2007a, Goso C. et al. 2008, Collazo P. et al. 2020 y 2023, Pamoukaghlian K. et al. 2022, Panzl R. 2022a y Panzl R. et al 2022b). Se destaca el trabajo de la tesis doctoral inconclusa de R. Guérèquiz con datos de varias zonas del SAR, cuyos resultados y conclusiones preliminares son publicados en Guérèquiz R. et al. 2007b y Mañay N. et al. 2013.

El presente capítulo pretende mejorar el conocimiento sobre los valores y distribución de arsénico en las aguas de todo el SAR a partir de un importante procesamiento de datos generados en este proyecto y de datos de terceros. También se recopila y analiza la escasa información mineralógica de las formaciones Raigón y Libertad, con un aporte sobre la presencia de vidrio en los limos Cuaternarios. Así como se ejecutan análisis geoquímicos de diferentes unidades/litologías de la región del SAR. Por último se plantea a manera de hipótesis las potenciales fuentes de arsénico y los procesos físico-químicos que lo liberaran, así como los posibles factores locales que controlan el contenido/distribución de este contaminante en el agua del SAR.

9.1. El arsénico en las aguas subterráneas

El As es uno de los contaminantes peligrosos más frecuentes en las aguas subterráneas, con un rango muy amplio de concentraciones reportadas de entre $<0,5$ y $5.000 \mu\text{g/L}$.

El valor de referencia provisional recomendado por la OMS hoy en día es de apenas $10 \mu\text{g/L}$. [Directrices para la calidad del agua potable-OMS, 2022].

Si bien la presencia de arsénico puede deberse a diferentes factores, la mayor parte de los acuíferos con contenidos altos de este contaminante se originan a partir de procesos geoquímicos naturales, afectando grandes áreas a diferencia de la contaminación humana que es en general de carácter localizado. [Litter M. et al. 2008]

Se pueden encontrar aguas naturales ricas en arsénico en escenarios muy variados: tanto en acuíferos en condiciones reductoras como oxidantes, tanto en acuíferos sobreexplotados como no, tanto en acuíferos de zonas áridas como de zonas húmedas, tanto en acuíferos porosos como fracturados, tanto en acuíferos superficiales libres como en acuíferos profundos confinados. [Lillo J.- 2020, Litter M. et al. -2008]

Esta variedad de situaciones viene dada por la peculiaridad de las circunstancias y procesos que concurren en cada uno de los casos o, en otras palabras, la presencia de arsénico en las aguas subterráneas es la consecuencia de un ambiente geoquímico y unas condiciones geológicas-hidrogeológicas específicos para cada caso. [Lillo J.- 2020]

Un rasgo característico de las zonas con alto contenido de As en las aguas subterráneas es el gran grado de variabilidad espacial de las concentraciones de As en las mismas.

Esto significa que puede ser difícil, o imposible, predecir de manera confiable la concentración probable de As en un pozo particular a partir de los resultados de los pozos vecinos [Smedley & Kinniburgh -2002]

El arsénico puede presentarse en el medio ambiente en varios estados de oxidación pero en aguas naturales y en especial subterráneas se encuentra principalmente en forma inorgánica como oxianiones de arsenito trivalente [As(III)] o arseniato pentavalente [As(V)]. [Smedley & Kinniburgh -2002]

El potencial redox y el pH son los factores más importantes que controlan la especiación de As inorgánico. En condiciones oxidantes, el arsénico pentavalente aparece generalmente como H_2AsO_4^- ($\text{pH} < 6.9$) o HAsO_4^{2-} ($\text{pH} > 6.9$). En ambiente reductor, el arsénico trivalente se encuentra como H_3AsO_3^0 ($\text{pH} < 9.2$) y H_2AsO_3^- ($\text{pH} > 9.2$) [Bundschuh J. et al. -2008]

La presencia de As de origen natural en el agua está controlada principalmente por tres factores: la fuente primaria de As (geosfera y atmósfera), los procesos de movilización y retención de As en la interacción fase sólida/fase líquida y el transporte de As en el agua. [Litter M. et al.-2008]

a. Aunque el primer factor debe considerarse necesario si queremos iniciar el ciclo del arsénico, muchas veces no es el más importante. Las elevadas concentraciones de arsénico en las aguas subterráneas no siempre están asociadas a materiales con altos contenidos en el metaloide. [Bundschuh J. et al. -2008]

Las rocas sedimentarias o sedimentos en acuíferos porosos con altos valores de arsénico comúnmente no presentan valores muy elevados de este elemento. El rango de contenido de arsénico es muy variable, pero en general está en la media de la corteza para este tipo de rocas de no más de 10-15 ppm. En el cuadro 14 se muestran algunos valores del contenido de As en minerales comunes y rocas sedimentarias.

b. Los procesos geoquímicos de interacción agua-fase sólida, que controlan la movilización de As en el agua, son las reacciones de sorción-desorción y las reacciones de precipitación-disolución de la fase sólida.

El arsénico disuelto puede adsorberse en la superficie de una gran variedad de oxi/hidróxidos metálicos, sobre todo de hierro, manganeso y aluminio además de materia orgánica, arcillas y calcita. [Cortina J. L et al. - 2008]

Las reacciones Redox pueden controlar indirectamente la adsorción-desorción de As por sus efectos sobre la especiación. [Litter M. et al. 2008]

La adsorción del As también puede estar condicionada por la presencia de otros oxi-aniones que compiten por los lugares de intercambio (intercambio aniónico), como el fosfato y bicarbonato. [Bundschuh J. et al. -2008, Cortina J. L. et al. - 2008]

La coprecipitación es un proceso natural donde constituyentes menores se incorporan a la estructura mineral que se forma, como el P y As que coprecipitan con los óxidos de hierro.

El proceso inverso, la codisolución, dará lugar a la movilización del As al agua, y estará condicionada por la estabilidad del mineral con el que ha coprecipitado. A diferencia de la desorción, la codisolución requiere la destrucción del mineral, lo que implica un cambio en las condiciones fisicoquímicas en las que el mineral pasa a ser inestable. [Lillo J.- 2020]

Óxidos	ppm	Carbonatos	ppm
Hematites	Hasta 160	Calcita	1-8
Oxi-hidróxidos de Fe(III)	Hasta 76.000	Dolomita	< 3
Magnetita	2,7-4,1	Silicatos	ppm
Ilmenita	< 1	Cuarzo	0,4-1,3
Sulfatos	ppm	Feldespatos	< 0,1-2,1
Yeso/anhidrita	<1-6	Biotita	1,4
Barita	< 1-12	Anfiboles	1,1-2,3
		Olivinos	0,08-0,17
		Piroxenos	0,05-0,8
Vidrio volcánico en loess (Argentina) ⁽¹⁾	<5 a 8		

Rocas sedimentarias	ppm	Sedimentos no consolidados	ppm
Lutitas marinas/fangolitas	3-15 (hasta 490)	Arenas aluviales (Bangladesh)	1,0-6,2
Lutitas no-marinas	3-12	Arcillas aluviales (Bangladesh)	2,7-14,7
Areniscas	0,6-120	Sedimentos de lago	0,5-44
Calizas/dolomias	0,1-20,1	Till glaciales	1,9-170
Evaporitas (yeso/anhidrita)	0,1-10	Promedio mundial sedimentos en río	5
		Limos de ríos y lagos	< 1-72
		Limos loésicos (Argentina) ⁽¹⁾	5,4-18
Suelos sobre loess (Argentina) ⁽²⁾	ppm		
Fracción arena	4,3-8,3		
Fracción arcilla	8,9-29,8		

Cuadro 14: Valores de As en rocas y minerales. Modificado de Smedley & Kinniburgh -2002
(¹) Nicolli H. et al. - 2010 / (²) Blanco M.C. et al.-2005)

Si tiene lugar la disolución de la fase mineral que contiene al As, este mecanismo, en términos de As movilizado, puede ser mucho más efectivo que la desorción.

Los procesos de disolución/codisolución más importantes en cuanto a movilización de As en aguas son la oxidación de sulfuros y la disolución reductiva de óxidos. [Litter M. et al. 2008, Lillo J.- 2020]

También se invoca para el acuífero Pampeano, como fuente potencial de arsénico la disolución de vidrio volcánico e hidrólisis de silicatos [Nicolli H. et al. – 2010]. Así como liberación de As del carbonato de calcio contenido en limos o calcretas por desorción de la superficie sólida o por disolución de calcita con el As coprecipitado. [Vital M. et al. – 2019]

c. Para que existan aguas con contenido alto de As es necesario además que el mismo permanezca en el agua, no sea transportado fuera del sistema u ocurran procesos de dilución por mezclas de agua. Considerando sólo este factor hay más posibilidad de encontrar mayor cantidad de arsénico en acuíferos de flujo lento o en acuíferos profundos con aguas más mineralizadas, que en acuíferos superficiales –no afectados por la actividad del hombre–, con aguas diluidas de recarga, de flujo rápido. [Lillo J.- 2020]

La presencia de elevadas concentraciones de As en el agua subterránea está estrechamente ligada a los fenómenos de transferencia de fase o dilución en el agua, que dependen del régimen hidrogeológico y paleohidrogeológico del acuífero, así como de las condiciones geoquímicas [Litter M. et al.-2008]

Otro factor importante a considerar, es el conjunto de afecciones físicas –en las que no se incluye, por tanto, la contaminación directa– que causa el hombre en los acuíferos por la extracción de aguas subterráneas y cambios de uso del territorio. Tales afecciones pueden incluir alteraciones en las condiciones fisicoquímicas originales, así como alteraciones significativas en el modelo de flujo que pueden asociar cambios en la velocidad de este –y con ello, en el tiempo de residencia–, e incluso facilitar la entrada de aguas ricas en arsénico desde acuíferos contiguos o desde cauces superficiales. [Lillo J.- 2020]

9.2. Mineralogía de la Formación Raigón y Libertad

No existen muchos estudios de la mineralogía de las formaciones Raigón y Libertad. Los únicos trabajos con cierto detalle sobre la mineralogía de estas unidades sedimentarias son los de Andreis R. & Mazzoni M. - 1967 y Pérez M. - 1997. En base a estos estudios se realiza la siguiente síntesis que será complementada con un estudio óptico de las pelitas de la formación Libertad presentado al final del capítulo:

9.2.1. Formación Raigón-mineralogía

Uno de los trabajos con descripción mineralógica es el de Andreis R. & Mazzoni M. - 1967, realizado a partir de muestras levantadas en las zonas de las barrancas de Kiyú.

El trabajo de estos autores utiliza una nomenclatura estratigráfica definida por Francis y Mones-1965a que es distinta a la aceptada y utilizada actualmente.

En base a la descripción litológica de la zona de muestreo que presenta en su trabajo Andreis & Mazzoni, a la estratigrafía de esta misma zona de Perea D. y Martínez S.-2004 y al estudio de las barrancas de Kiyú de Ugalde R.-2019 se realizó tentativamente la siguiente correlación:

Formaciones/Secciones en Andreis R. & Mazzoni M. - 1967	Correlación tentativa
Formación San José /Sección superior	Formación Raigón
Formación San José /Sección inferior	Formación Raigón o Camacho
Formación Kiyú	Formación Camacho

Todas las muestras levantadas en la formación San José son de arena de granulometría variable, tomando para el análisis mineralógico la fracción de arena muy fina y separación con bromoformo de minerales livianos y pesados. En los Cuadros 15 y 16 se muestran los porcentajes de minerales encontrados por estos autores.

SISTEMA ACUÍFERO RAIGÓN: SÍNTESIS DEL CONOCIMIENTO

Muestra	Formación San José	Formación Interpretada	Granulometría de muestra original	Cuarzo	Cuarzo policristalino	Calcedonia	Ortoclasa	Microclina	Sanidina	Plagioclasa	Vitroclastos	Litoclastos
1	Sección Superior	Raigón	Arena Muy fina	41,6	13,3	0,5	3,3	9,1		32,0	0	0,2
2	Sección Superior	Raigón	Arena Media	37,8	17,8	1,4	3,3	2,8		24,3	12,1	0,9
3	Sección Superior	Raigón	Arena Gruesa	47,0	8,3		3,3	4,0		33,0	2,5	0,5
4	Sección Superior	Raigón	Arena Gruesa	47,8	5,7		10,7	5,0		29,2	0,7	0,7
6	Sección Superior	Raigón	Arena Gruesa	38,8	3,8	3,5	1,1	5,5		17,7	20,0	2,0
8	Sección Superior	Raigón	Arena Muy gruesa	40,0	5,0		0,7	3,5		20,7	28,5	1,4
11	Sección Superior	Raigón	Arena Media	11,2	1,2		0,3	1,3		6,4	78,7	
12	Sección Superior	Raigón	Arena Media	8,1	2,0	0,3	0,3	0,7		7,4	80,7	
13	Sección Superior	Raigón	Arena Media	37,5	13,7		5,0	8,1		25,0	8,1	2,6
14	Sección Superior	Raigón	Arena Media	28,6	5,3		3,3	5,3		20,6	30,0	
5	Sección Inferior	Raigón o Camacho	Arena Gruesa	34,8	5,2	4,3	1,7	0,8	0,8	21,7	35,0	
7	Sección Inferior	Raigón o Camacho	Arena Gruesa	34,1	5,2		8,8	3,0	0,5	19,4	20,6	
9	Sección Inferior	Raigón o Camacho	Arena Gruesa	18,2	2,2	1,3	3,2	3,2	0,9	13,6	55,9	
10	Sección Inferior	Raigón o Camacho	Arena Muy fina	37,0	0,9	0,9	3,9	4,7		34,7	15,2	2,6

Cuadro 15: Porcentaje de minerales livianos en la fracción arena muy fina de la Formación Raigón y Raigón/Camacho. Modificado de Andreis R. & Mazzoni M. - 1967

Muestra	Formación San José	Formación Interpretada	Granulometría de muestra original	Anfíbol	Epidoto	Magnetita	Zircón	Granate	Estaurolita y Cianita	Otros *
1	Sección Superior	Raigón	Arena Muy fina	41,8	30,5	13,6	7,7	1,8	3,6	0,8
2	Sección Superior	Raigón	Arena Media	31,6	31,8	19,4	12,3	0,5	3,4	0,5
3	Sección Superior	Raigón	Arena Gruesa	4,0	64,9	18,7	3,9	2,1	3,4	2,8
4	Sección Superior	Raigón	Arena Gruesa	50,2	35,5	6,0	4,8	1,0	0,0	2,5
6	Sección Superior	Raigón	Arena Gruesa	4,6	17,9	42,0	23,3	2,0	5,9	4,0
8	Sección Superior	Raigón	Arena Muy gruesa	4,1	40,0	41,0	8,2	0,8	3,3	2,4
11	Sección Superior	Raigón	Arena Media	5,2	42,8	32,3	8,2	5,8	4,7	3,0
12	Sección Superior	Raigón	Arena Media	65,5	16,8	6,2	5,0	3,1	1,8	1,2
13	Sección Superior	Raigón	Arena Media	52,2	29,4	10,5	1,0	1,0	1,0	3,4
14	Sección Superior	Raigón	Arena Media	8,1	35,6	51,0	4,5	1,8	1,8	0,0
5	Sección Inferior	Raigón o Camacho	Arena Gruesa	15,2	22,6	42,0	10,0	3,3	2,6	3,2
7	Sección Inferior	Raigón o Camacho	Arena Gruesa	4,4	28,5	39,2	7,8	5,7	7,8	5,6
9	Sección Inferior	Raigón o Camacho	Arena Gruesa	1,8	29,1	42,3	25,0	0,7	0,0	0,8
10	Sección Inferior	Raigón o Camacho	Arena Muy fina	1,6	32,7	38,5	17,8	0,3	3,8	4,1

* Otros incluye : Antofilita, Augita, Hipersteno, Biotita, Muscovita, Clorita, Apatita, Turmalina, Rutilo, Titanita, Monacita, Hematita, Calcopirita

Cuadro16: Porcentaje de minerales pesados en la fracción arena muy fina de la Formación Raigón y Raigón/Camacho. Modificado de Andreis R. & Mazzoni M. - 1967

El estudio de tesis de Pérez M. - 1997 analizó muestras de arena y grava de la unidad Raigón en afloramientos, testigos de perforación y sondeos y de los perfiles de las barrancas costeras de Mauricio y Arazatí. Las muestras tamizadas fueron separadas por líquidos densos y separación magnética del concentrado.

En los Cuadros 17 y 18 se muestran los porcentajes en volumen de minerales identificados por la autora en arenas de la Formación Raigón

1. Tipo de muestra : afloramientos y perforaciones -Arena y Grava					
	Cuarzo	Feldespato	Lítico Qz-Fel	Lítico	Pesados
Gravilla y Grava	35	11	50	4	-
Arena Gruesa	60	15	25	-	<1
Arena Media	65	20	14	-	<1
Arena fina	71	28	-	-	<1

2. Tipo de muestra : Barranca Mauricio- Grava				
Cuarzo	Feldespato	Lítico Qz-Fel	Calcedonia	Lítico
5 a 50	5 a 30	30 a 70	0 a 10	0 a 5

Cuadro 17: Porcentaje en volumen de minerales/fragmentos en arena y gravilla de la formación Raigón. Modificado de Pérez M. - 1997

1. Tipo de muestra : afloramientos y perforaciones / fracción arena fina				
Livianos				
Cuarzo	Feldespatos	Plagioclasa	Pesados*	
80 a 98	1-2	2-6	< 1 a 17	
Pesados (<1 a 17)				
Ilmenita	Epidoto	Anfibol	Granate	Otros
5 a 80	5 a 50	<1 a 80	<1 a 5	< 1

2. Tipo de muestra : Perfil Costa - Mauricio / fracción arena fina con separación				
Livianos				
Cuarzo	Microclina	Ortosa	Plagioclasa	Pesados*
87-90	1-5	<1	8-5	<1 - 5
* Pesados (< 1-5)				
Ilmenita	Epidoto	Anfibol	Magnetita-Hematita	
30-50	30-50	1-5	< 1	

Otros : Piroxeno, Magnetita, Turmalina, Biotita, Estaurolita, Andalucita, Disteno, Zircon, Rutilo, Leucoxeno,

Cuadro 18: Porcentaje en volumen de minerales livianos y pesados en la fracción arena fina de la formación Raigón. Modificado de Pérez M. - 1997

También Pérez M. realizó un estudio de difracción de rayos X, para analizar la fracción arcilla contenida en arenas de la formación Raigón. Los arcillo-minerales presentes en arenas de Raigón son montmorillonita y secundariamente Illita (fracción entre 2 y 10 micras) y casi exclusivamente montmorillonita en la fracción menor a las 2 micras.

Comparando los dos trabajos antes mencionados se observa bastante coincidencia entre la mineralogía de la fracción arena fina de la formación Raigón. En la fracción de minerales livianos predomina ampliamente el cuarzo, seguido plagioclasa y de feldespato K. Dentro de los minerales pesados predomina el epidoto, anfíbol, granate, zircón y opacos (magnetita principalmente).

La mayor diferencia y muy llamativa es la presencia de vitroclastos transformados en montmorillonita, en porcentajes muy altos (hasta 80 %) interpretados como vidrio volcánico alterado en el trabajo de Andreis R. & Mazzoni M. - 1967.

Estos vitroclastos no son identificados por Pérez M. - 1997 y tampoco en otros trabajos sedimentológicos puntuales realizados en las arenas de la formación Raigón (Bango G. - 2020, Panzl R. et al.-2022b).

9.2.2. Formación Libertad-mineralogía

El estudio de tesis de Pérez M. - 1997 analizó también muestras de limo-arcilla de la unidad Libertad en afloramientos, testigos de perforación y sondeos y los perfiles de las barrancas costeras de Mauricio y Arazatí. Las muestras tamizadas fueron separadas por líquidos densos y separación magnética del concentrado.

En el Cuadro 19 se muestran los porcentajes en volumen de minerales identificados por la autora en la fracción arena de la Formación Libertad

1. Tipo de muestra : afloramientos y perforaciones / fracción arena fina sin separación						
Livianos						
Cuarzo	Microclina	Plagioclasa				
88-98	1-2	1-7				
Pesados						
Anfibol	Epidoto	Granate	Opacos	Turmalina	Estaurolita	Zircon
<1 - 3	<1 - 2	<1 - 3	<1 - 6	<1	<1	<1
2. Tipo de muestra : Perfil Costa - Mauricio / fracción arena fina con separación						
Livianos						
Cuarzo	Microclina	Ortosa	Plagioclasa	Pesados*		
88	3	1	5	<1-7		
* Pesados (1-7)						
Ilmenita	Epidoto	Anfibol	Otros			
30-50	30-50	1-5	< 1			
Otros : Magnetita, Hematita, Granate, Turmalina, Zircon, Rutilo, Leucoxeno, Monacita						

Cuadro 19: Porcentaje en volumen de minerales livianos y pesados en la fracción arena fina de la formación Libertad. Modificado de Pérez M. – 1997

También Pérez M. realizó un estudio de difracción de rayos X, para analizar la fracción arcilla de la formación Libertad.

El arcillo mineral identificado en las muestras de la formación Libertad es montmorillonita, posiblemente cálcica y secundariamente Illita.

9.2.3. Vidrio volcánico en la formación Libertad

a. Antecedentes

Si bien en la literatura se menciona la presencia de vidrio volcánico en la formación Libertad, no encontramos antecedentes donde se identifique y describa ópticamente esta sustancia en esta Unidad.

Sin embargo las litologías eólicas de Libertad (loess) tendrían un origen similar al limo loésico Pampeano de Argentina, por lo que es altamente probable la existencia de algo de vidrio volcánico en nuestra Unidad.

En el loess Pampeano el material volcánico incluyendo vitroclastos, está casi siempre presente incluso en porcentajes mayores al 10 %. Este material procede del transporte directo (cenizas) o retransporte por deflación eólica de material volcánico-piroclástico de las regiones del norte de la Patagonia y zona de los Andes centrales. [Teruggi M. E.-1954, Iriondo M.H.-1997]. En la ciudad de Buenos Aires y alrededores el limo Pampeano presenta sistemáticamente trizas de vidrio volcánico concentrado en niveles en porcentajes que pueden llegar al 70 % o disperso en menor porcentaje, en general de aspecto límpido o incoloro y forma irregular, predominantemente angulosa/sub-angulosa [González Bonorino F. -1965]

Una gran parte de la fracción limo-arcilla del loess está formado por arcillo-mineral montmorillonita derivada de la alteración del vidrio volcánico [Teruggi, M. E. -1954].

Además detritos muy finos de vidrio volcánico también aparecen en la fracción arcillosa de la matriz. [González Bonorino F. -1965]

El vidrio presenta frecuente material arcilloso verde-pardusco adherido a la superficie y en los canalículos y vacuolas [González Bonorino F. -1965]

b. Conocimiento de base

El vidrio volcánico dentro del loess Pampeano es interpretado como material piroclástico producto de erupciones explosivas que llega en forma directa (ash falls) o retransportado por el viento.

En general hay tres tipos de morfologías de fragmentos de vidrio vesicular producto de erupciones magmáticas explosivas: trizas de vidrio (glass shard) de forma de “cúspide” que representa paredes entre varias burbujas adyacentes con forma de “Y” o “U” u otras, placas planas o planas cóncavas que representan paredes entre burbujas de gran tamaño y pequeños trozos con estructura fibrosa compuesta por diminutas cavidades encerradas en paredes de vidrio (fragmentos de piedra pómez) [Ross & Smith-1961, Fisher & Schmincke -1984]

El vidrio volcánico puede ser no vesicular, parcialmente vesicular o altamente vesicular (pómez) y presenta una distintiva fractura concoidal, brillo vítreo y es isotrópico.

La alteración e hidratación del vidrio volcánico puede generar fracturas perlíticas o transformarlo en agregados de nuevas fases minerales como arcillas, zeolitas, sericita o clorita.

La desvitrificación a alta temperatura produce texturas esferulíticas y textura micropoiquilítica. [McPhie, J. et al. -1993]

C. Análisis óptico de pelitas de la formación Libertad y resultados

Intentando identificar si es que existe vidrio volcánico en la formación Libertad se tomaron muestras de distintos tramos de tres perforaciones que en su parte superior atraviesan los limos-arcillosos cuaternarios. Las perforaciones fueron la A980 en la zona de Kiyú, la A284 en la ciudad de Libertad y el pozo- piezómetro 556 en la zona de Puntas de Valdez.

El material fue tamizado en húmedo y se separaron 4 fracciones: arena mayor a 250 micras, arena fina (250-125 μm), arena muy fina (125-63 μm) y limo-arcilla (fondo de tamiz). Esta última fracción se colocó en un recipiente con agua, se agitó y luego de un tiempo breve se descartó el material en suspensión. La fracción que decantó rápidamente, estaría compuesta mayoritariamente por limo grueso que es la que se analizará.

La fracción arena media y fina fue examinada sólo bajo lupa binocular para la fracción arena muy fina y limo se realizaron preparados para observación en el microscopio petrográfico.

En las fracciones de arena fina o mayor sólo se identificó un grano de forma plana, transparente y con fractura concoidal que podría corresponder a vidrio. Pero varios granos transparentes de forma plana son difíciles de diferenciar entre cuarzo y vidrio cuando se observan a la lupa binocular. Por lo que se decidió concentrar las observaciones en el microscopio de las fracciones más finas.

Se identificaron varios granos que interpretamos a partir de sus características morfológicas-ópticas como vidrio o trizas de vidrio volcánico: formas muy irregulares, angulosas a subangulosas, incoloros, isótropos, con vesículas, además de posibles procesos de desvitrificación, disolución y recristalización.

La mayor cantidad de vitroclastos se identificó en la fracción arena muy fina y algunos cristales en la fracción limo. Pero hay que tener en cuenta que en la decantación de la fracción limo no se logró una buena separación, por lo que los preparados tenían muchos agregados y arcilla lo que dificultó en forma importante las observaciones en el microscopio.

En los tres pozos se identificó vidrio, pero la mayor cantidad se localizó en el material de la perforación A284, en especial en el intervalo de 12-15 m. de profundidad (Láminas 1 y 2).

Se identificaron varios fragmentos incoloros, de forma irregular, angulosos y total o parcialmente isótropo que posiblemente correspondan a trizas planas de vidrio (shard glass) o paredes de vacuolas (Fotos 1, 2, 3, 4 y 5). Varios fragmentos presentan vesículas, interpretados como burbujas de vidrio vesicular o posible material pumítico (fotos 6, 7, 8 y 12). Algunos

vitroclastos presentan forma y bordes muy irregulares interpretados como vidrio con procesos de disolución (fotos 8, 9 y 10). Se identificaron aglomerados integrados por varias “zonas” de forma groseramente circular cada una compuesta por cristales aciculares radiales y con extinción radial interpretada como esferulitos que pueden corresponder a desvitrificación del vidrio. (Fotos 11).

Un número importante de granos presentan en la superficie un material marrón que podría corresponder a arcilla adherida a la superficie de vidrio, cuarzo u otro mineral como plantea en su estudio de los limos pampeanos González Bonorino. (Foto 12)

La cantidad de granos identificados como vidrio volcánico es muy baja, pero hay que tener en cuenta que muchos granos no pudieron ser analizados debido al probable material arcilloso que los cubría. Además como ocurre en los limos del pampeano de la región de Buenos Aires, puede haber también pequeñas trizas de vidrio en la fracción más fina (matriz) que no fue analizada.

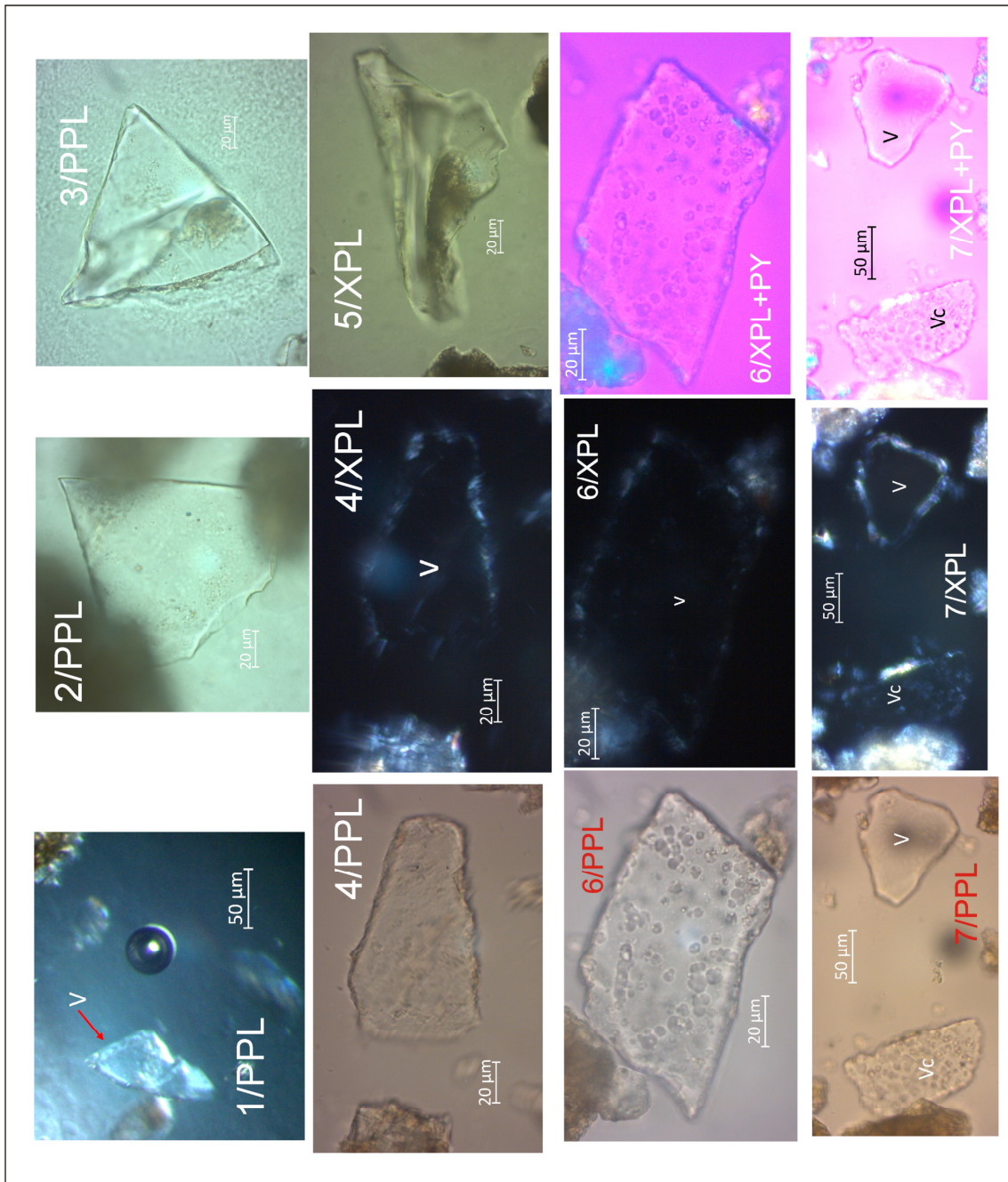


Lámina 1: Microfotografías de arena muy fina/limo de material de la formación Libertad (PPL= luz polarizada plana, XPL= luz polarizada cruzada, PY=Placa de Yeso, V=vidrio)

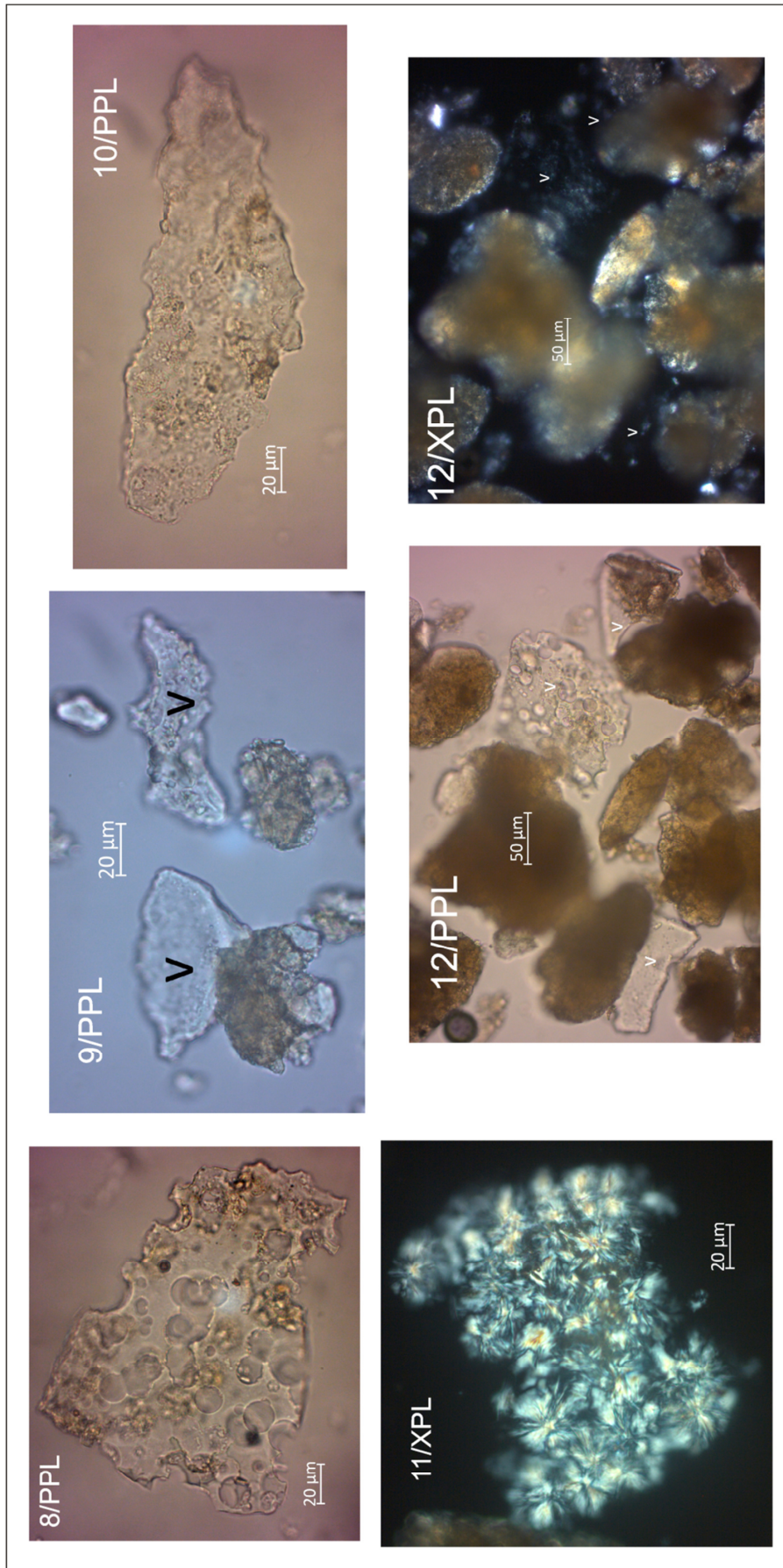


Lámina 2: Microfotografías de arena muy fina/limo de material de la formación Libertad

9.3. Contenido de arsénico en sedimentos del SAR y Unidades relacionadas

Para investigar el contenido de arsénico en sedimentos de la región del SAR se seleccionaron 8 perforaciones para agua del archivo de testigos de Dinamige. Todas las perforaciones, salvo una, son discontinuas ya que fueron reducidas, por lo que cada tramo representativo de la litología atravesada por el pozo tiene diferente potencia. (Ver Cuadro siguiente)

Pozo	Profundidad (m)	Zona	X_utm	Y_utm	Medidas *
USA 7	67	Norte de Kiyú	526.001	6.165.541	75
284	55	Libertad	534.746	6.167.343	79
1362	56	Rincón del Pino	513.764	6.182.967	55
980	38	Kiyú	523.148	6.162.218	68
1163	23,5	Libertad	537.067	6.167.491	48
1234	55	Rodríguez	542.958	6.194.826	60
1322	22	Puntas de Tropa Vieja	541.840	6.161.504	44
1466	39	Camino Mauricio	531.704	6.164.222	185

* Cantidad de medidas totales con pFRX

Cuadro 20: Listado de perforaciones analizadas con pFRX

9.3.1. Materiales y métodos

Para la determinación de arsénico en testigos de perforaciones se utilizó el analizador portátil de fluorescencia de rayos X marca Bruker, modelo Tracer 5g con calibración de fábrica GeoExploration.

Si bien este equipo tiene una precisión aceptable puede presentar valores diferentes cuando se mide directamente sobre roca, debido a las posibles heterogeneidades de la muestra. Para disminuir el error debido a la matriz física (ej. variación importante en la granulometría y/o mineralogía) se procedió a tomar una muestra representativa de cada tramo y se pulverizó con molino de aros en el laboratorio de preparación física de muestras de Dinamige. El material pulverizado se colocó en un recipiente especial, con la base (superficie de medida) recubierta con un film de prolene de 4 micrones. Esta superficie de medida genera menos interferencia en las lecturas del equipo. (Ver Figura 38)

Se realizaron como mínimo 5 medidas en diferentes partes de la muestra y se tomó el valor promedio como el contenido de arsénico del sedimento.

Además se realizaron cada cierta cantidad de medidas una medida con un material estándar para chequear la calibración del equipo.



Figura 38: Testigos de perforación para medición de contenido arsénico (A), muestras pulverizadas prontas para la medición (B), Analizador pFRX y programa de configuración (C)

Por último se seleccionaron varias muestras medidas con pFRX por perforación, que fueron enviadas al laboratorio de Dinamige para la determinación de arsénico con ICP-MS. En el gráfico de la Figura 39 se muestra los valores obtenidos con pFRX y los valores obtenidos con ICP-MS previa digestión total para las mismas muestras. Se observa una buena correlación entre ambas medidas, con un coeficiente R^2 de 0,96 lo que permite asegurar que los valores obtenidos con pFRX presentan una precisión aceptable.

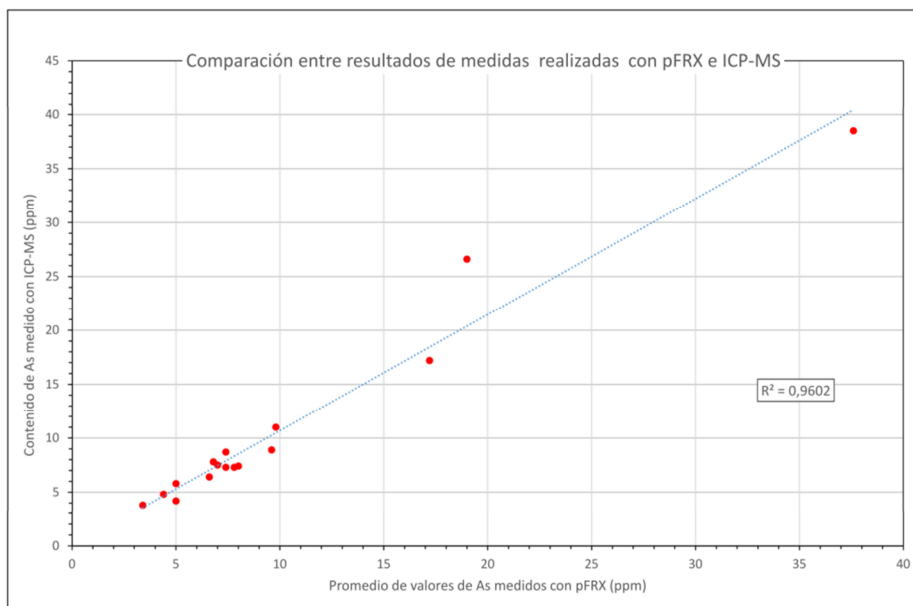


Figura 39: Gráfico de correlación entre valores de As medidos con pFRX e ICP-MS en las mismas muestras.

9.3.2. Resultados obtenidos

Todas las perforaciones analizadas fueron descritas para caracterizar su litología y mineralogía e interpretar la unidad geológica de los distintos tramos que corta el pozo.

Algunas medidas están por debajo del límite de detección del equipo de pFRX. Para estos casos y solo con fines estadísticos se le asigna en forma arbitraria un valor 0,5 ppm.

La enorme mayoría de las muestras, más del 97 %, presentan valores de contenido de arsénico menor a 10 ppm (Valor promedio de 5 medidas con pFRX por muestra).

Los valores de As medidos discriminados por tipo de material y formaciones geológicas se muestran en el siguiente cuadro

ESTADÍSTICOS	Suelo- limo/arcilloso	Libertad - Pelitas	Raigón				Camacho Pelitas	Basamento - Alterado	Fray Bentos- Limo
			Todo	Pelitas	Arenas	Gravas			
Máximo	7,8	8,4	37,6	9,6	37,6	9,8	19	7,4	-
Mínimo	6	3,8	< LD	2,3	< LD	< LD	4,4	< LD	-
Promedio	7,1	5,7	3,8	5,9	3,2	3,3	9,0	6,1	6,0
Muestras	4	21	79	17	51	11	9	5	1

Cuadro 21: Valores de arsénico (ppm) en Unidades/litologías de la región del SAR

Los suelos, franco limo-arcillosos desarrollado sobre la formación Libertad presentan un promedio de As de 7 ppm. Para las pelitas de la unidad Libertad el promedio está en el entorno 6 ppm, con un rango mayoritario entre 5 a 7,5 ppm (Ver Figura 40). El conjunto de litologías de la formación Raigón presenta un valor promedio de As de cerca de 4 ppm. Con las pelitas (limo arcillosos con porcentaje variable de arena) con valores promedios de As cercanos a 6 ppm y al igual que las pelitas de la formación Libertad rango mayoritario de 5 a 7,5 ppm, pero con una distribución más amplia (Ver Figura 40). Ya las arenas y gravillas de la formación Raigón presentan valores similares de aproximadamente 3 ppm e inferiores a las facies pelíticas de esta Unidad. La moda de estas facies arenosas y gravillosos es < 3 ppm, con un valor “anómalo” de más de 20 ppm. (Ver Figura 40).

Además se realizaron algunas medidas en el “fondo” de los pozos sobre materiales que conforman el piso del SAR. Las arcillas-limolitas de la formación Camacho presentan un promedio de As de 9 ppm, el promedio más alto de todo el material analizado. Una medida en limo interpretado como de la formación Fray Bentos arrojó un valor de 6 ppm de As. Por último los materiales de alteración del basamento arrojaron un valor promedio de 6 ppm de As.

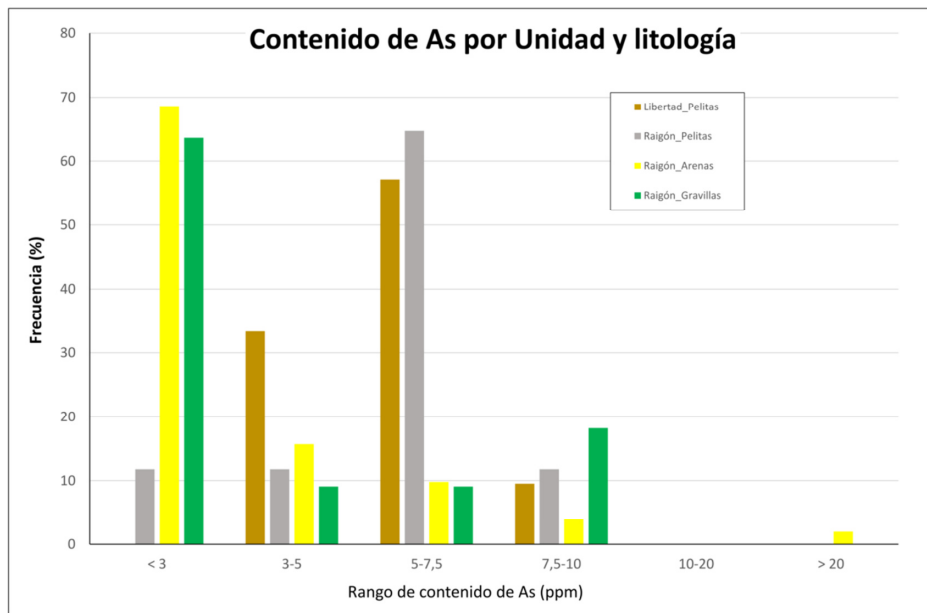


Figura 40: Distribución de contenido de As en la formación Libertad y en litologías de la formación Raigón.

La ubicación de las medidas, su valor y variación en el perfil litológico de las perforaciones analizadas con pFRX se muestra en la Figura 41. Se observa que en general los valores más altos “picos” se dan sistemáticamente en las litologías pelíticas y los valores bajos, en general menor a 5 ppm de As se corresponden con las arenas y gravilla. Dos valores de 19 y 17 ppm se dan en niveles pelíticos de Camacho. Y un valor anómalo de cerca de 40 ppm se registró en una arena media-gruesa, mal seleccionada, inmadura, con frecuentes litoclastos graníticos alterados.

Los valores de arsénico encontrados en las litologías antes analizadas están dentro de un rango comparable a los valores promedios de este tipo de sedimentos (ver Cuadro 14).

En particular los limos loésicos pampeanos y post-pampeano con cierta similitud (por su origen y litología) con la formación Libertad presentan rangos de contenido de arsénico entre 5-18 ppm. [Nicolli H. et al. - 2010] en el mismo orden de grandeza que para limos-arcillosos de la cobertura del SAR.

Los datos de antecedentes en el SAR indican un contenido de arsénico para la formación Raigón de entre 1,2-9,8 ppm y para la formación Libertad de 2,7-7,1 ppm [Mañay N. et al.- 2013]. Valores similares a los de este trabajo.

SISTEMA ACUÍFERO RAIGÓN: SÍNTESIS DEL CONOCIMIENTO

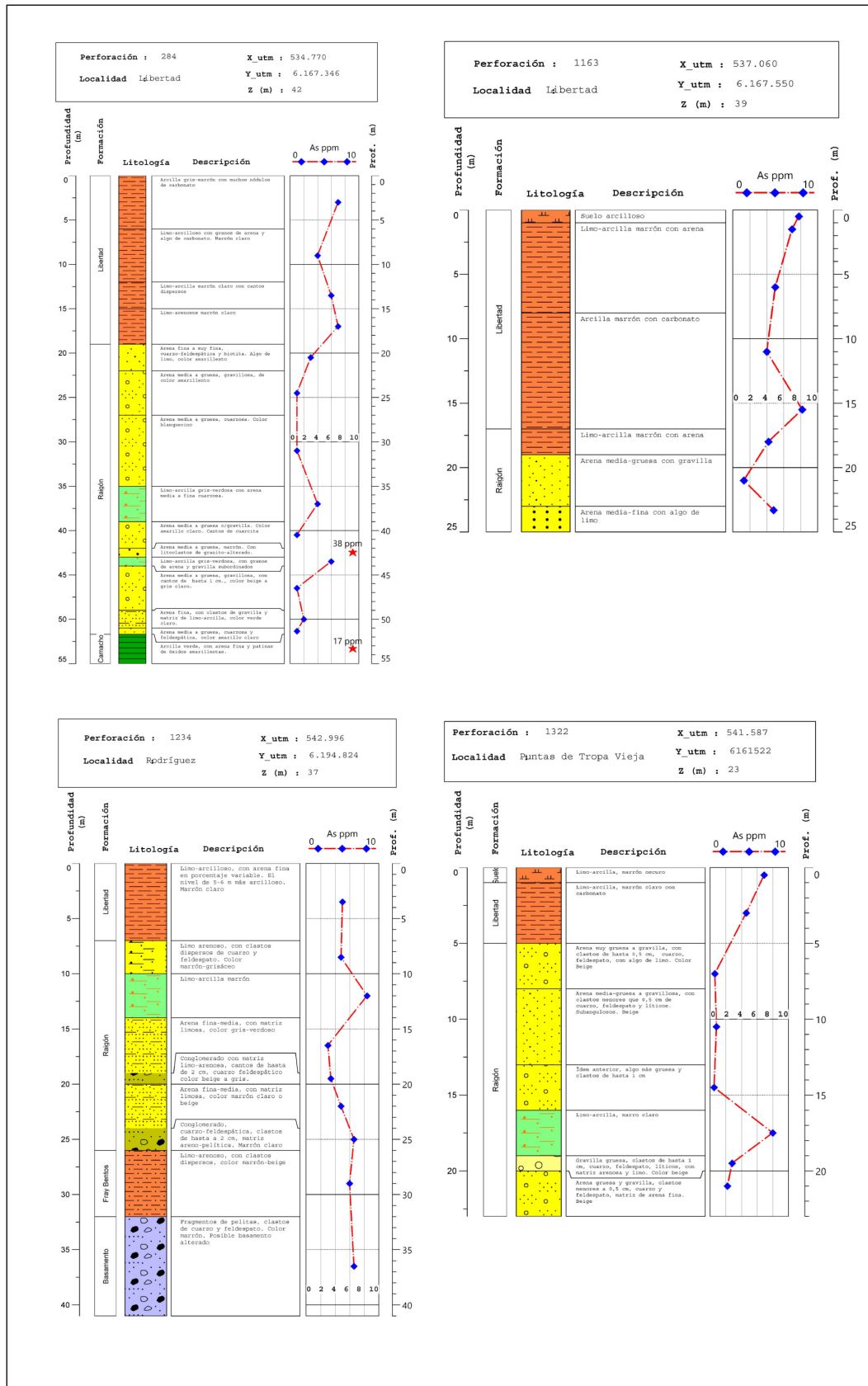


Figura 41: Perfil litológico de perforaciones analizadas con pFRX, con ubicación de medida y valor de As en ppm.

SISTEMA ACUÍFERO RAIGÓN: SÍNTESIS DEL CONOCIMIENTO

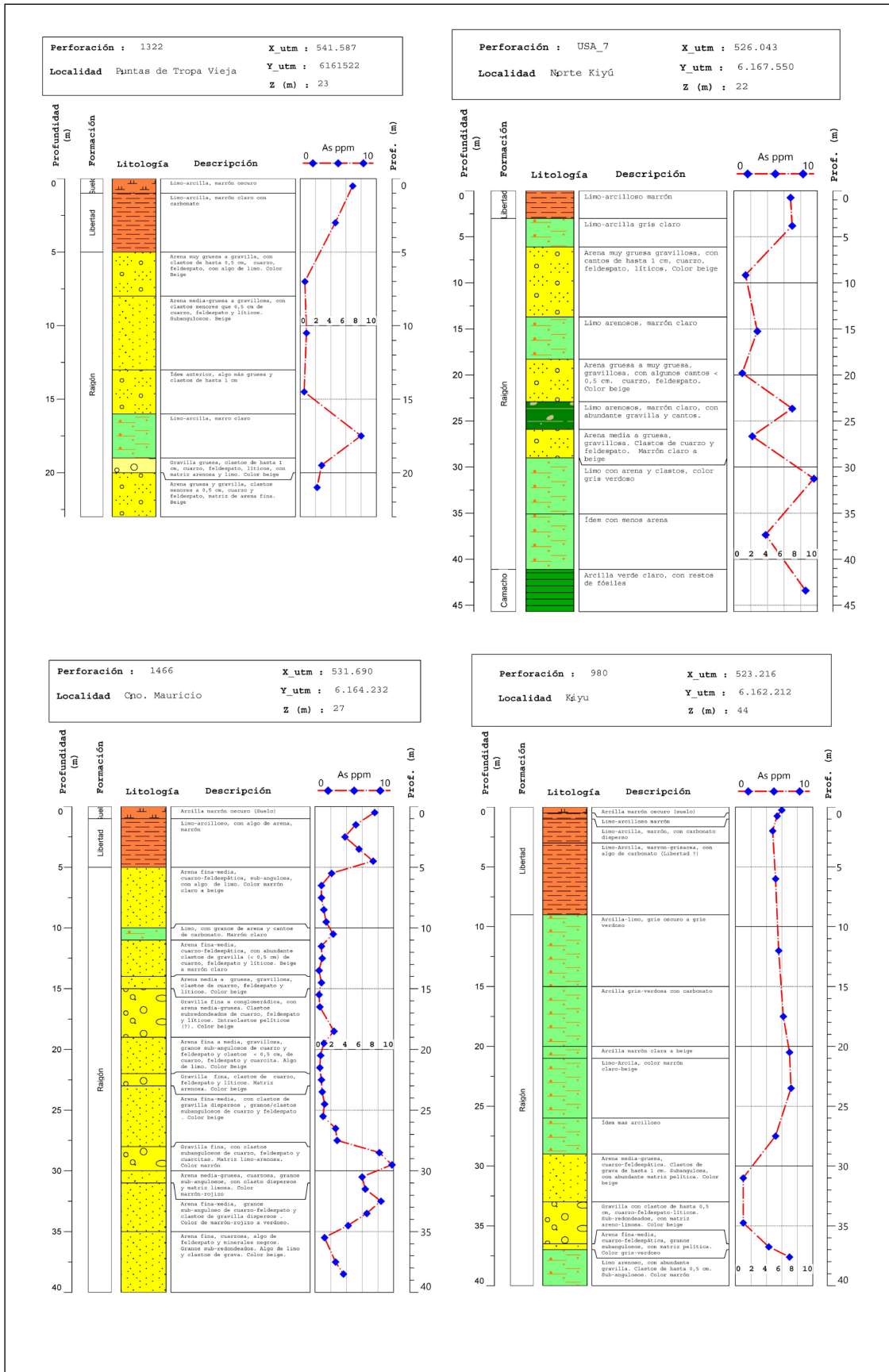


Figura 41 : Continuación

9.4. Contenido y distribución espacial de As en el agua del SAR

9.4.1. Materiales y métodos

Durante el proyecto se levantaron un total de 104 muestras de agua subterránea para determinación de arsénico y otros metales trazas. Las muestras fueron recogidas entre fines de noviembre de 2020 y fines de 2023. Unas 28 muestras corresponden a 5 pozos para seguimiento en el tiempo de la posible variación del contenido de As. También se tomaron 8 muestras en 4 pozos pero en distinta época del año y se tomaron 8 muestras duplicadas en cuatro pozos para control externo del laboratorio. En total se muestreo durante el transcurso del trabajo de campo 69 perforaciones.

Para la planificación del muestreo se tomó la base de perforaciones de Dinagua complementada con algunas perforaciones de la red de monitoreo de Dinamige. El criterio de selección fue la ubicación en donde además se tuvo en cuenta la presencia de datos de arsénico de otras fuentes. En las zonas donde la densidad de perforaciones era alta se le dio prioridad a aquellas con mejores datos y mayor profundidad y caudal.

Además se contó con datos de arsénico en agua de perforaciones de OSE y los datos de arsénico de la tesis inconclusa de R. Guèrèquiz. En el siguiente cuadro se muestra el número de análisis y perforaciones con datos de As por fuente y en la Figura 42 la ubicación espacial de las perforaciones.

Fuente	Datos de arsénico	Perforaciones
Dinamige	104	69
OSE	59	59
Tesis de R. Guèrèquiz	30	30

Cuadro 23: Tabla con cantidad de datos de arsénico en agua subterránea por fuente

La determinación de elementos traza en muestras de agua subterránea fue realizada mediante análisis por espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Ver Cuadro 24. El equipo utilizado fue un ICP-MS Perkin Elmer, modelo NexION 300D en modo KED para todos los elementos salvo para Hg y Se. Se utilizó cámara ciclónica y nebulizador concéntrico como sistema de introducción de muestra y autosampler.

El ácido nítrico utilizado fue purificado utilizando un destilador de ácidos DuoPur Subboling distillation system, marca MILESTONE.

Al momento de realizar la dilución se determinó la turbidez de las muestras y siendo que todas tenían turbidez < 1 no fue necesario digerir las mismas y solo se hizo dilución utilizando ácido nítrico 2% v/v.

Se analizaron las muestras por duplicado cada 5 muestras y para control de exactitud del método se analizaron muestras fortificadas con estándar a diferentes niveles de concentración cada 10 muestras.

La curva de calibración fue realizada usando soluciones estándar de los elementos de interés de la marca Merck. Como estándares internos se utilizó una solución conteniendo Sc, Y y Tb.

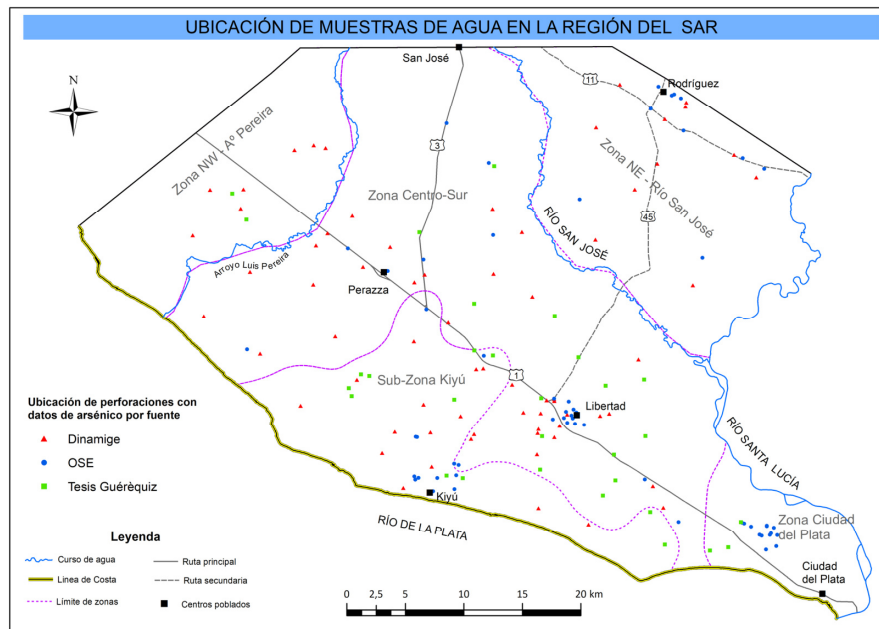


Figura 42: Ubicación de perforaciones con datos de arsénico en agua subterránea

Analítico	Be	V	Cr	Mn	Co
LD	1	0.5	1	20	0,3
Analítico	Ni	Cu	Zn	As	Se
LD	1	30	30	2	1
Analítico	Mo	Ag	Cd	Sb	Ba
LD	1	30	0,3	0,6	10
Analítico	Hg	Tl	Pb	Th	U
LD	0,6	0,3	1	0,3	0,3

Cuadro 24: Elementos químicos y límite de detección ($\mu\text{g/L}$) determinados por ICP-MS

Se siguieron los protocolos de la literatura para la preparación, limpieza y tipo de frascos utilizados. Se utilizó como conservante y para mantener el pH entre 2-3 ácido nítrico.

Además durante la etapa de campo las muestras se preservaron refrigeradas ($< 6^\circ\text{C}$) durante el traslado y almacenamiento hasta ser entregadas en el laboratorio. Para la mayoría de las perforaciones se esperó un tiempo prudencial antes de recoger la muestra de agua para purgar el pozo y obtener una muestra representativa del acuífero.

9.4.2. Resultados del contenido/distribución de arsénico en el agua de la región del SAR

Para toda la región del SAR se realizó un análisis estadístico básico a partir de datos de arsénico en agua de 158 perforaciones. La distribución de los valores de As y parámetros estadísticos para toda la región del SAR se muestran en la Figura 43.

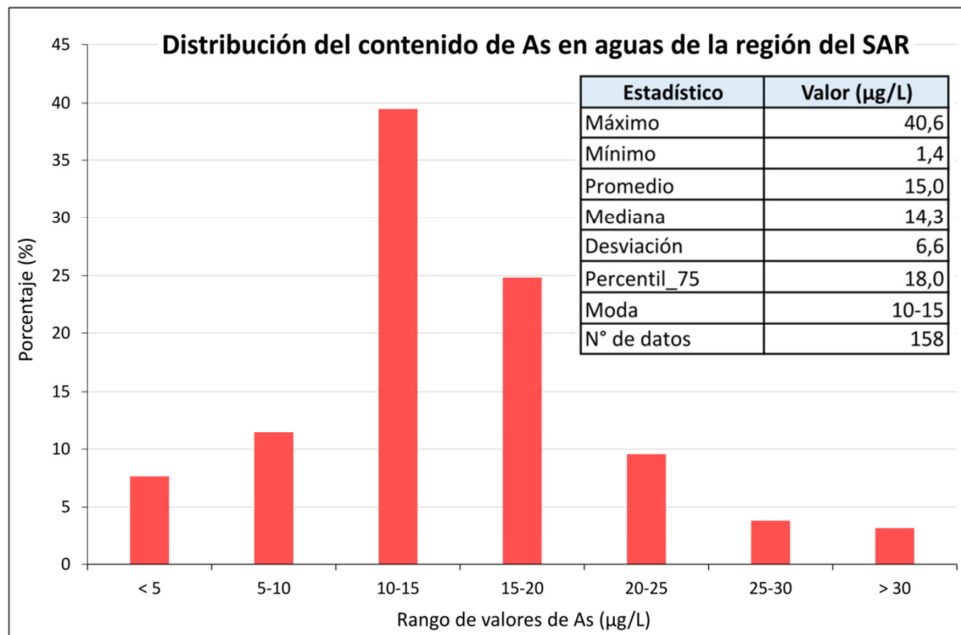


Figura 43: Distribución y estadística de arsénicos en agua en la región del SAR

Como se observa, los valores promedios están entre 14-15 µg/L, con la mayoría de las muestras con valores iguales o menores a 18 µg/L y concentrados en los intervalos comprendido entre los 10 a 20 µg/L.

La distribución espacial del contenido de arsénico en el agua de toda la región del SAR es variable, con zonas con valores relativamente altos y zonas con valores bajos e incluso inferiores al valor máximo recomendado de 10 µg/L. Además como ya se mencionó anteriormente existen dentro de la amplia región del SAR zonas con características particulares que se detallaron y analizaron en el capítulo Físico-Químico.

En base a lo anterior se realizará un análisis estadístico/espacial por separado de las distintas Zonas, las cuales se muestran junto a la distribución espacial de arsénico en la Figura 44.

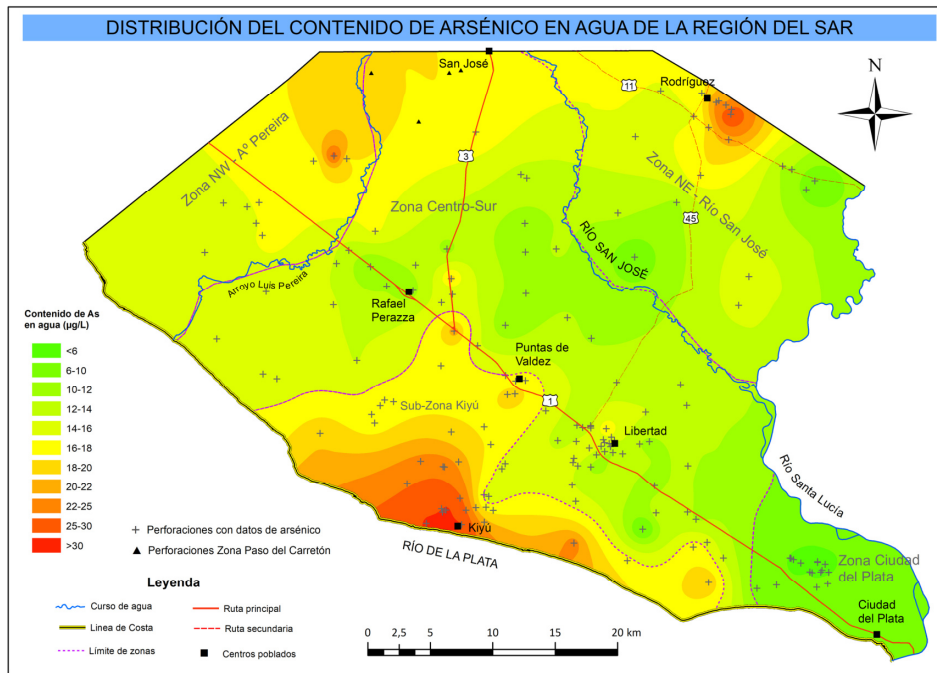


Figura 44: Distribución espacial del contenido de arsénico en el SAR

9.4.2.1. Zona Centro-Sur

Esta zona abarca la mayor parte de la región del SAR y todas las perforaciones toman agua de los niveles permeables de la formación Raigón. Otra característica es que cuando existe cobertura la misma está representada por litologías de la formación Libertad. La mayor parte de esta zona presenta valores de As en agua relativamente bajos, en general menor a 16 µg/L. Ya al sur de Puntas de Valdez en lo que denominamos Sub-Zona Kiyú los valores de As en agua son relativamente más altos, con una tendencia de aumentar hacia la franja costera, alcanzando contenido de As de más de 30 µg/L. En el siguiente cuadro se muestran datos estadísticos de toda la zona Centro-Sur, de esta zona pero sin los datos de la zona de Kiyú y del contenido de arsénico en el agua de la sub-zona de Kiyú.

Estadístico	ZONAS		
	Centro-Sur	Centro-Sur sin Kiyú	Kiyú
Máximo	35,0	26,0	35,0
Mínimo	1,4	1,4	12,0
Promedio	15,9	13,3	20,7
Mediana	14,7	13,0	19,5
Desviación	5,8	3,7	5,9
Percentil_75	18,5	14,9	24,0
Moda	10-15	10-15	15-20
Nº Datos	111	72	39

Cuadro 25: Datos estadístico del contenido de arsénico (en µg/L) en agua de la zona Centro-Sur

Los valores promedio de arsénico para toda esta zona están en el entorno de 15-16 $\mu\text{g/L}$, pero si excluimos los datos de la Sub-Zona de Kiyú, los valores promedios son de 13 $\mu\text{g/L}$.

Considerando solo la Sub-Zona de Kiyú estos valores promedios duplican el valor máximo recomendado, estando en el entorno de los 20 $\mu\text{g/L}$. A su vez los mayores valores dentro de esta Sub-Zona se concentran cerca de la costa en los alrededores del balneario Kiyú.

Para esta sub-zona se cuenta con algunos valores mayores de 40 $\mu\text{g/L}$, pero dado que no son datos muy confiables se prefiero no tenerlos en cuenta en el análisis.

La distribución y la diferencia importante en el contenido de arsénico entre las zonas mencionadas anteriormente se muestran gráficamente en la siguiente Figura

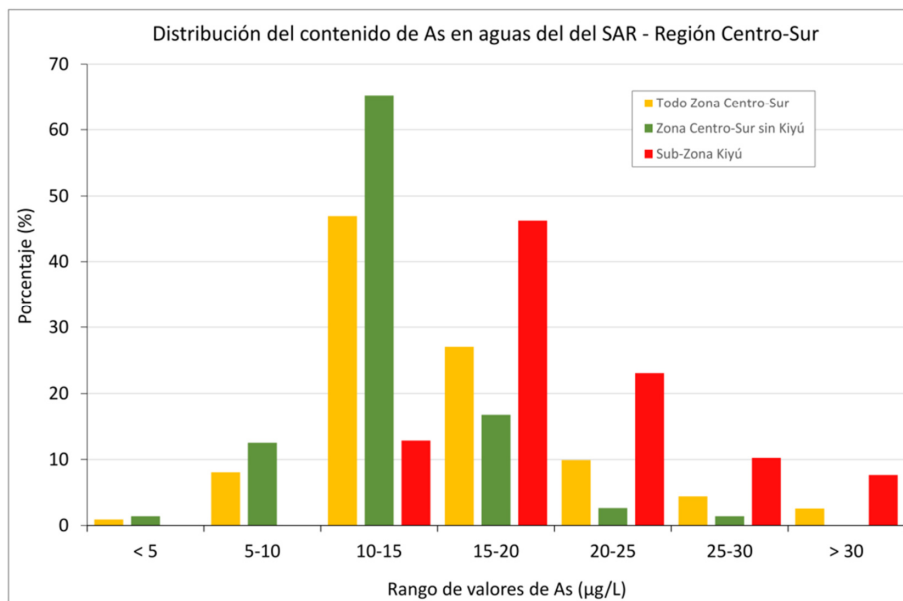


Figura 45: Distribución de los valores de As en la zona Centro-Sur

También se realizó un análisis estadístico y de correlación entre el contenido de arsénico y algunos parámetros físico-químicos. La cantidad de datos utilizada es menor ya que varias perforaciones que se tiene el dato de contenido de arsénico no se cuentan con datos físico-químicos. En algunos casos se cuenta con datos de arsénico de OSE o de la tesis de R. Guèrèquiz e información del mismo pozo de parámetros físicos y especialmente de los iones mayores del proyecto RL/A/031 o de la consultora Carballo-INYPSA. En este caso se unificó la información hidro-química del pozo para hacer el análisis.

Los valores promedio de conductividad y casi todos los iones mayores son comparativamente más altos en la Sub-Zona de Kiyú que en el resto de la Zona Centro-Sur. La excepción es el Ca, Mg y la Dureza que es mayor en la zona Centro-Sur sin Kiyú. Ver Cuadro 26

SISTEMA ACUÍFERO RAIGÓN: SÍNTESIS DEL CONOCIMIENTO

Zona	PH	Conductividad	Dureza	Alcalinidad Total	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)
Centro-Sur	7,3	998,1	245,2	340,7	63,8	19,9	118,8
Centro-Sur sin Kiyú	7,3	942,8	254,6	330,0	67,3	20,0	99,7
Kiyú	7,5	1149,2	219,7	370,1	55,7	19,8	169,8

Zona	K (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	As (µg/L)
Centro-Sur	5,6	411,5	83,5	31,0	43,1	62,8	15,3
Centro-Sur sin Kiyú	5,6	397,8	71,8	30,6	38,5	61,4	13,1
Kiyú	5,8	444,5	114,7	32,0	55,5	64,7	21,3

Conductividad en µS/cm y Alcalinidad y Dureza como mg/L de CaCO₃

Cuadro 26: Valores promedio de parámetros físico-químico y arsénico de la Zona Centro-Sur

Para toda la Zona Centro-Sur no se encontró correlación del arsénico ni con los parámetros físicos, ni con los iones mayores. Pero si se encontró una correlación positiva fuerte en el análisis de los datos de la sub-zona de Kiyú con la alcalinidad y el bicarbonato. Para el sodio si bien la correlación es débil para toda la Zona Centro-Sur, se destaca que es mucho mayor cuando solo se tiene en cuenta los datos de la Sub-zona de Kiyú. Ver Cuadro 27

Parámetro	Zona Centro-Sur		Zona Centro-Sur sin Kiyú		Zona Kiyú	
	Coefficiente	N	Coefficiente	N	Coefficiente	N
Alcalinidad Total	0,4791	56	0,2669	41	0,7218	15
Bicarbonato	0,5418	41	0,2704	28	0,7428	12
Sodio	0,5813	56	0,1953	40	0,4480	15

Cuadro 27: Correlación significativa entre As y parámetros físico-químicos de la Zona Centro-Sur (Coeficiente de correlación, N=número de datos)

También se realizó un análisis similar entre el arsénico y los metales trazas determinados en las muestras de agua recogidas en este proyecto. Solo se utilizó los elementos con todo o casi todos los valores por encima del límite de detección o cuantificación.

Los valores promedios de As, V, U y Se son mayores en la Sub-Zona de Kiyú con respecto al resto de la zona Centro-Sur, en cambio el Ba presenta valores en promedio mayor en esta última zona. Ver Cuadro 28

ZONAS	Valores promedio (µg/l)					Número de Datos	Datos de Se
	As	V	Ba	U	Se		
Centro -Sur	15,9	41,8	161,3	7,5	2,2	47	35
Centro-Sur sin Kiyú	13,3	37,6	179,4	6,7	2,0	32	25
Kiyú	21,4	50,9	122,6	9,2	2,7	15	10

Cuadro 28: Valores promedio de metales trazas de la Zona Centro-Sur

En el análisis de metales trazas se encontró una buena correlación entre el arsénico y el vanadio que es explicada por la fuerte correlación de estos dos elementos en la Sub-Zona de Kiyú. También para esta Sub-Zona hay una buena correlación entre vanadio y uranio.

La correlación As-U para toda la Zona Centro-Sur es baja, pero el coeficiente de correlación aumenta en forma importante si solo se tiene en cuenta datos de la Sub-zona de Kiyú. Ver Cuadro 29

Centro -Sur	As	V	Ba	U
As	1			
V	0,8477947	1		
Ba	-0,30574565	-0,13006429	1	
U	0,41793887	0,6280594	-0,29082222	1

Centro-Sur sin Kiyú	As	V	Ba	U
As	1			
V	0,63017968	1		
Ba	-0,18367176	0,10557899	1	
U	0,18386043	0,515733	-0,31860484	1

Kiyú	As	V	Ba	U
As	1			
V	0,89408773	1		
Ba	0,13459899	0,10622377	1	
U	0,52582185	0,72852163	0,09008799	1

Cuadro 29: Correlación entre As y otros metales trazas de la Zona Centro-Sur

9.4.2.2. Zona NE-Río San José

Para esta zona se han identificado varias perforaciones, algunas con datos de arsénico, que están tomando agua no solo del SAR sino también de los niveles permeables de la formación Fray Bentos, que constituye el piso del acuífero en esta región. En otro grupo de perforaciones con datos de arsénico por falta de información no se tiene certeza si toman solo agua del SAR o si también alumbran agua del piso. Por lo que para esta zona solo se realiza un análisis básico de los valores y distribución espacial de arsénico en el agua subterránea.

En esta zona solo se cuenta con datos de arsénico de 21 perforaciones y mal distribuidos. El promedio para toda la zona es de cerca de 17 µg/L. Se destaca una pequeña región inmediatamente al SW de Rodríguez donde los valores de arsénico están por encima de los 20 µg/L (ver Figura 44). En especial la perforación Dgua_283 con un valor “anómalo” de arsénico de 40,6 µg/L. Este pozo no se pudo purgar correctamente por estar lejos el punto de muestreo y por presentar un bajo caudal, por lo cual la muestra no es totalmente confiable.

Además en esta región “anómala” con valores altos de As, algunas de las perforaciones están captando agua también del piso, incluyendo la mencionada anteriormente. Por lo que los valores de arsénico mayores de 20 µg/L a de esta región corresponderían en realidad a agua de “mezcla”.

Para el resto de la Zona NE los valores de arsénico son menores a los 20 µg/L, con varias perforaciones con contenido de arsénico menor a 10 µg/L. Ver cuadro siguiente

ZONAS	Promedio	Máximo	Mínimo	Muestras
Zona NE toda	17	40,6	5	21
Zona NE sin Región Anómala	13	19,5	5	15
Solo Región Anómala	25,5	40,6	19	6

Cuadro 30: Valores de arsénico en µg/L de la Zona NE y sub-zonas.

9.4.2.3. Zona NW-Arroyo Pereira

Esta zona solo se cuenta con datos de arsénico de 9 perforaciones, mal distribuidas y en una zona de borde por lo que la distribución espacial de arsénico estimada a partir de la interpolación no es muy confiable. Además para esta zona, en especial al NW de la ruta 1 el piso del SAR estaría más cerca de la superficie y algunas perforaciones tienen aportes de Fray Bentos y/o basamento.

Para toda la zona el valor promedio de arsénico en agua es de 17 µg/L pero se destaca una muestra que duplica dicho valor (34,5 µg/L). Cuadro 31

La perforación con este valor puntual “anómalo” estaría tomando agua también del Fray Bentos y del basamento. Dos perforaciones cercanas y con una profundidad similar al pozo con valor de arsénico muy alto, presentan valores menores a 15 µg/L.

ZONA	Promedio	Máximo	Mínimo	Muestras
Zona NW-A Pereira	17,2	34,5	11,4	9

Cuadro 31: Valores de arsénico en µg/L de la Zona NW

9.4.2.4. Zona Ciudad del Plata

En esta zona el sistema acuífero está conformado por los niveles permeables de la formación Chuy y por una cobertura pelítica de litologías de la formación Dolores.

Los valores de arsénico de esta zona son los más bajos de toda la región del SAR (promedio menor a 5,8 µg/L) con todos los datos por debajo del valor máximo recomendado en agua para este contaminante. Comparativamente el valor promedio de arsénico de las aguas de esta zona son casi la tercera parte del valor promedio del SAR de la zona Centro-Sur, cuyas perforaciones captan agua de los niveles permeables de la formación Raigón :

ZONA	Promedio	Máximo	Mínimo	Muestras
Zona Ciudad del Plata	5,8*	9	< 5	17

* Los valores menores al LD (<5) se tomaron como 5 para el cálculo del promedio

Cuadro 32: Valores de arsénico en $\mu\text{g/L}$ de la Zona Ciudad del Plata

9.4.2.5 Zona Paso del Carretón

Esta zona se ubica en el límite NW de la región del SAR y el contexto geológico está representado por basamento cristalino con cobertura parcial de la formación Libertad y una pequeña aérea de la formación Raigón. Para esta zona se cuenta con datos de arsénico de OSE y un par de perforaciones muestreadas por este proyecto.

En base al contexto geológico, perfil litológico y datos profundidad, caudal y ubicación de filtros se estima que las perforaciones captan agua de fracturas y/o manto de alteración del basamento. Su ubicación se muestra en la figura 44, pero los datos no fueron tenidos en cuenta en la interpolación para elaborar el mapa de distribución espacial de arsénico.

La cobertura conformada por la formación Libertad puede llegar a más de 20 m de potencia. Todas las perforaciones presentan arsénico en agua y con un valor máximo de 36 $\mu\text{g/L}$. Ver cuadro siguiente

Código	Profundidad (m)	Acuífero	Cobertura	As ($\mu\text{g/L}$)
82.3.011	50	Basamento	Libertad	18
82.3.012	40	Basamento	Libertad	25
Pre_R_16	43	Basamento	Libertad	36
N8	42	Basamento?	Suelo + Libertad ?	9

Cuadro 33: Datos de arsénico e hidrogeología de la zona Paso del Carretón

9.4.3. Variaciones del contenido de As en el tiempo

Para evaluar posibles variaciones del contenido de arsénico en el tiempo en el agua del SAR se realizó un muestreo de agua subterránea de 5 pozos seleccionados. El levantamiento de muestras se ejecutó en distintos meses en el periodo comprendido entre los años 2020 a 2023. Cuatro de las perforaciones que se realizó un seguimiento son utilizadas para riego de frutales. Por lo que el uso de los pozos es estacional, funcionando unos 4 a 6 meses al año (aproximadamente de noviembre a abril/mayo) y el resto del año están parados. Esto permitiría también evaluar posibles variaciones en función del uso del pozo, ya que se tomaron muestras tanto con el pozo en pleno funcionamiento como detenido desde hacía varios meses. Una quinta perforación funciona continuamente, a demanda según las necesidades de la empresa.

Los resultados obtenidos se presentan en forma gráfica en la Figura 46, junto con los errores analíticos (máximo y mínimo) de cada análisis. Las variaciones en el tiempo del contenido de arsénico en las cuatro perforaciones de las frutícolas (Dgua_169, 317, 352 y 464) son poco significativas en el entorno de 3-4 µg/L, más o menos similar al error analítico (Ver Cuadro 34)

Valores de As en µg/L	PERFORACIÓN				
	Dgua_169	D_gua 371	Dgua_352	Dgua_464	Dgua_177
Promedio valor de As	17,3	19,5	24,9	22,8	15,1
Desviación	1,1	1,4	1,4	1,3	0,5
Máximo-Mínimo	3,1	3,9	4,1	3,2	1,2
Promedio Error Analítico	2,9	3,3	4,2	3,8	2,5
Cantidad de medidas	6	7	6	5	4

Cuadro 34: Estadística del contenido y variación de As en las perforaciones de seguimiento

No se observan tampoco importantes variaciones entre las medidas cuando los pozos estuvieron un largo tiempo parados (medidas de julio y agosto) y el resto de las medidas con los pozos en funcionamiento pero con régimen de uso variable.

Se observa que para todos los pozos de la frutícola el valor máximo de As en agua se dio en las muestras recogidas en mayo del 2022. Este pico de As no tiene una explicación clara.

Podría estar relacionado con que para ese momento y en la región de las frutícolas el acuífero estaba sometido a un “estrés” muy importante. A la falta de recarga producto de la sequía histórica 2020-2023, se suma que durante el periodo de varios meses previo a la medida las perforaciones estuvieron funcionando en forma continua y con un regímenes horarios muy alto. Sin embargo para las muestras de abril de 2023, donde la situación es similar a la planteada anteriormente, nula recarga/alta demanda, no se produce un pico de arsénico. Sino que los valores son similares incluso a los valores de las muestras de invierno en donde las perforaciones no estaban funcionando.

Si bien se realizaron controles internos del laboratorio (ver capítulo materiales y métodos) no se puede descartar totalmente un error sistemático que sobreestime en algunos pocos $\mu\text{g/L}$ el contenido de arsénico en las muestras de mayo de 2022.

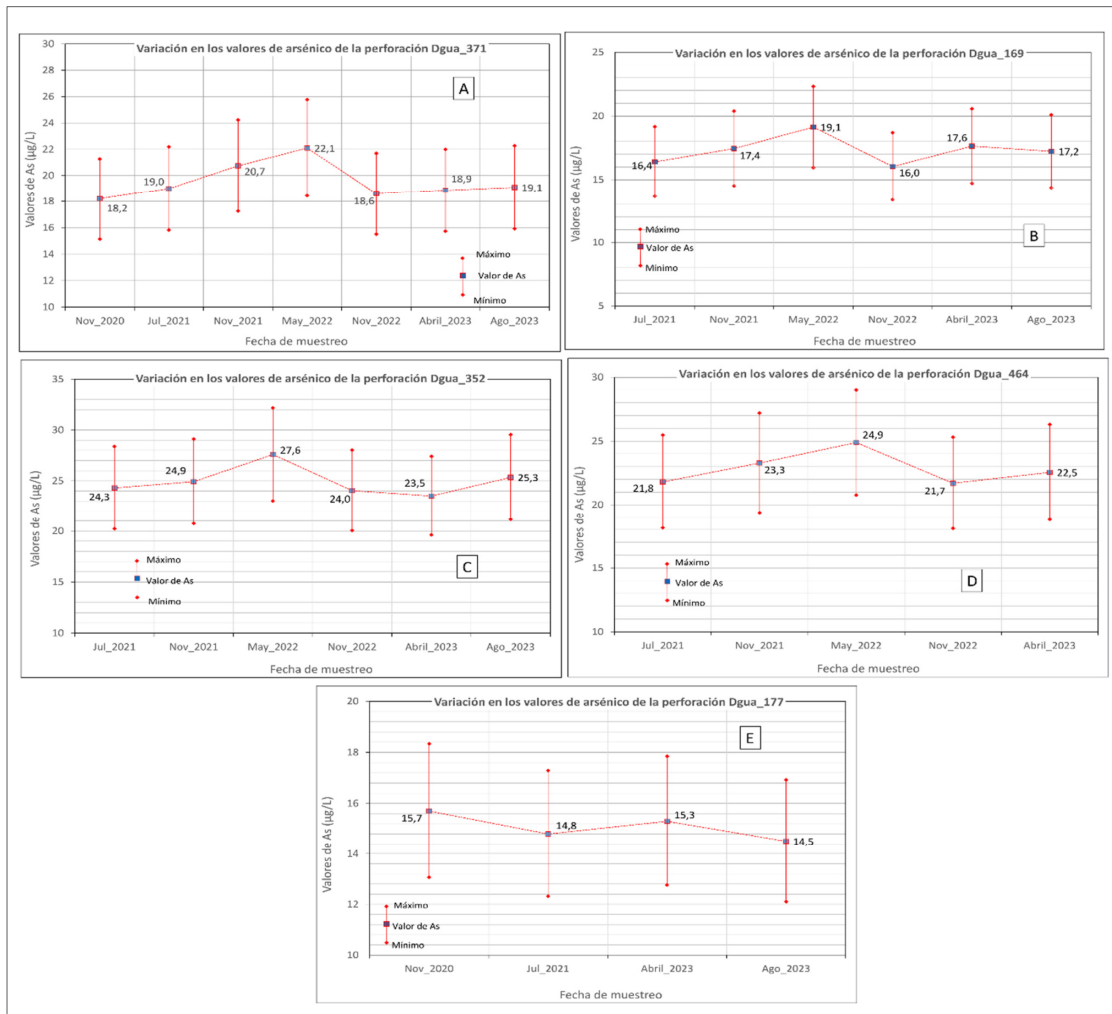


Figura 46: Variación temporal de arsénico en las perforaciones de seguimiento

Para la perforación Dgua_177 con un uso continuo, las variaciones en el tiempo son de apenas $1 \mu\text{g/L}$, la mitad del error analítico, por lo que se puede decir que el contenido de As permaneció estable.

Se repitió la toma de muestras de agua en 6 perforaciones, con una separación entre el muestreo de unos 7 meses para evaluar también la posible variaciones temporales del contenido de arsénico. Algunas de las perforaciones forman parte del grupo de perforaciones con muestreo duplicado para control externo de los resultados analíticos del laboratorio. En general las variaciones son relativamente pequeñas y caen dentro del error analítico. Una variación algo grande corresponde al pozo Dgua_83, que no es totalmente representativo del SAR ya que toma agua también del Fray Bentos. (Cuadro 35)

Fecha Muestreo	Código	As (µg/L)	E.A. (±)
Nov_2020	Din A 372-1	17,3	2,9
Jun_2021*	Din A 372-2	18,8	3,2
Jun_2021*	Din A 372-3	17,6	3,0
Nov_2020	Dgua_ 83-1	25,3	4,3
Jun_2021*	Dgua_ 83-2	20,6	3,5
Jun_2021*	Dgua_ 83-3	20,2	3,4
Nov_2020	Dgua_ 491-1	20,8	3,5
Jun_2021	Dgua_ 491-2	21,7	3,6
Nov_2020	Dgua_ 363-1	17,9	3,0
Jun_2021	Dgua_ 363-2	16,5	2,8
Nov_2020	Dgua_188-1	19,1	3,2
Jun_2021	Dgua_188-2	15,5	2,6
Nov_2020	Din A 99-1	19,5	3,3
Jun_2021	Din A 99-2	17,7	3,0

E.A.= error analítico, * muestras repetidas para control

Cuadro 35: Valor del contenido de arsénico de perforaciones con muestreo repetido en distintas fechas.

Por otra parte, R. Panzl en su trabajo de tesis toma muestras de 5 perforaciones en diferentes épocas del año que las identifica como muestras de invierno y de verano.

Los resultados son similares a los encontrados en las perforaciones de seguimiento, las diferencias entre las muestras estacionales de un mismo pozo son muy pequeñas (entre 1 y 3 µg/L) que posiblemente esté dentro del error analítico. Cuadro 36

Fecha de muestreo	Perforación				
	90.3.032	90.3.30	90.3.18	90.3.22	P1
28/08/2021	19	15	17	12	20
08/11/2021	17	14	16	15	19
Variación	2	1	1	3	1

Cuadro 36: Contenido y variación de arsénico total (en µg/L) en perforaciones de la zona de Kiyú (Datos tomados de Panzl R.-2022a)

9.4.4. Variación del contenido de As según el caudal

En base a algunas comunicaciones personales se planteó la hipótesis de una variación de arsénico en función del caudal extraído del pozo. Lamentablemente no se contó con la oportunidad de probar esta posible correlación positiva entre contenido de arsénico y caudal, por ejemplo a partir del muestreo en un ensayo de bombeo escalonado.

Un estudio de estas características fue realizado por la Licenciada Rebeca Panzl como parte de su trabajo de grado. El mismo fue ejecutado en una perforación de OSE al norte de Kiyú, el cual se realizó un ensayo de bombeo escalonado durante 96 horas. Los caudales de cada escalón en el ensayo fueron de 0,9/ 2,7 /5,5 /7,2 m³/h. La autora tomó muestras de agua una vez estabilizado el pozo u ocho horas después de comenzar el escalón cuando el pozo no se logró estabilizar. En la figura 47, se presentan los resultados del descenso del ensayo escalonado (con el caudal de cada escalón) y contenido de arsénico de cada muestra de agua recogida por la autora.

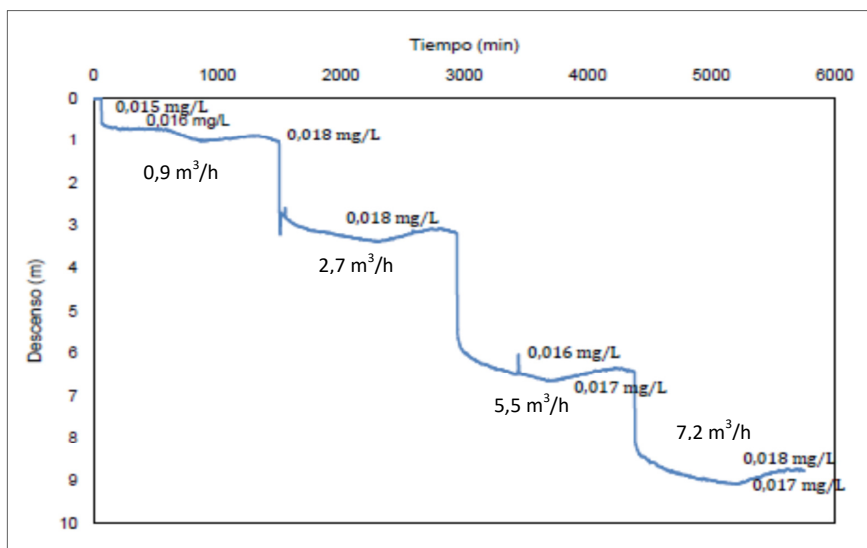


Figura 47: Contenido de As total en muestras recogidas a diferentes tiempos y caudales de un ensayo de bombeo escalonado. (2,7 m³/h=caudal del escalón). Toma de Panzl R. – 2022a, parcialmente modificado

Como se observa las variaciones en el contenido de arsénico tomadas a diferentes caudales y a lo largo del tiempo son muy pequeñas. Además estas variaciones de apenas 2-3 µg/L posiblemente estén dentro del error analítico. Por lo que para la perforación estudiada por Panzl R., no existirían variaciones significativas del contenido de As cuando se explota con distintos caudales. Esto no es un resultado definitivo ya que se trata del estudio de un solo pozo en la zona de Kiyú. Se tendría que replicar este estudio en otras zonas y en lo posible con

caudales mayores, para corroborar o no que el caudal de bombeo no afecta el contenido de arsénico en el agua del acuífero.

9.4.5. Contenido de As en diferentes niveles permeables del SAR

Como ya se mencionó en el capítulo Geología de Sub-Superficie en algunas zonas el acuífero puede estar conformado por dos o más niveles permeables separados por acuitardo (Zonas acuíferas multicapa).

No se conoce si el agua en niveles diferentes presenta igual o no contenido de arsénico ya que no existen prácticamente estudios. El único dato publicado es de Collazo P. et al. -2023, en un estudio realizado en la escuela 65 de Kiyú. Según dicho estudio la perforación de investigación atravesó dos niveles permeables con contenido de arsénico en agua de 20,9 $\mu\text{g/L}$ en el primer nivel (20-22 m de profundidad) y de 13,4 $\mu\text{g/L}$ en el segundo nivel (39-40 m de profundidad). Además sugieren en base al alto contenido de As en suelo (13,1 ppm) que la fuente de As podría no ser exclusivamente geológica.

En la misma perforación del ensayo de bombeo antes mencionado, OSE cuenta con otra perforación a unos 5 metros de distancia. Por lo que ambas perforaciones seguramente comparten la misma estratigrafía y litología. Se trata de una zona acuífera tipo multicapa con tres niveles permeables, semi-confinada y nivel superior "seco". La perforación 90.3.032 más profunda, intercepta tres niveles permeables, siendo el más profundo en donde están los filtros y se extrae agua. Además está totalmente cementada hasta los 40 m y de 40 a 53 m se colocó prefiltro. La perforación 90.3.031 menos profunda que la anterior, corta dos niveles permeables y el agua se extrae del segundo nivel donde se ubica el filtro. Esta perforación está cementada hasta los 21 m y rellenada desde los 36 a 42 m. Ver Figura 48

En base a lo anterior, se puede estar relativamente seguro que las perforaciones con la misma estratigrafía, estarían tomando agua de niveles diferentes, los cuales están separados por 14 m de pelitas.

Los datos de OSE indican que para el agua del nivel 2 (Perforación 90.3.031) el contenido de arsénico es de 13 $\mu\text{g/L}$. El agua del nivel 3 más profundo (Perforación 90.3.032) tiene un contenido de arsénico de 16 $\mu\text{g/L}$.

El aumento del contenido de arsénico podría estar relacionado al percolar el agua del nivel 2 hacia el nivel 3 a través del potente acuitardo. Lo que supone liberación de arsénico en el estrato pelítico que separa ambos niveles permeables

Pero hay que tener en cuenta que existen importantes diferencias litológicas entre ambos niveles. En base a la descripción de los técnicos de OSE el nivel 2, con menos arsénico está constituido por arena y gravilla. En cambio el nivel 3, con mayor contenido de arsénico está

integrado por gravilla con matriz pelítica y limos gravillosos. Es posible que la permeabilidad y la velocidad de flujo sean mayores en el nivel 2 que en el nivel 3 y que esto se relacione con el menor contenido de arsénico del pozo más somero.

La pequeña diferencia de solo 3 µg/L en el agua de los niveles 2 y 3 posiblemente esté al menos en parte dentro del error analítico. Sumado a que se trata de un solo dato no permite sacar conclusiones definitivas.

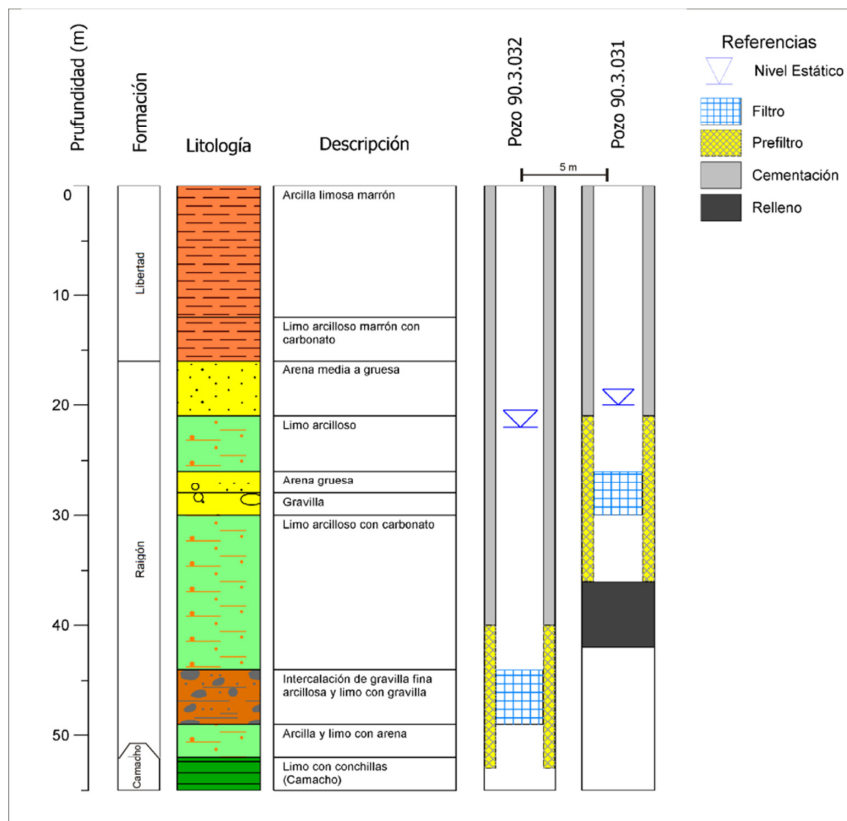


Figura 48: Perfil litológico y constructivo de las perforaciones 90.3.031 y 90.3.032

9.5. Potenciales fuente de arsénico en el SAR

En base a la amplia distribución del arsénico en las aguas subterráneas de toda la región del SAR el origen del mismo sería natural, a partir de la liberación del arsénico contenido en sustancias/minerales de los sedimentos al agua (arsénico geogénico).

El contenido de arsénico en los sedimentos de la cobertura y del acuífero de la región del SAR no es alto (< 10 ppm), valores de este elemento comparables al promedio de este tipo de litologías.

Si bien la existencia de algo de arsénico en los sedimentos es necesaria, la misma no es una condición suficiente. Los principales aspectos vinculados a la presencia de valores altos de arsénico en el agua del SAR serían entre otros: las características de las sustancias/minerales que son la fuente de arsénico (sumideros de arsénico); la presencia y abundancia de fases solubles y adsorbidas que puedan liberar fácilmente este contaminante (arsénico móvil) y la existencia e intensidad de los procesos responsables por la liberación del arsénico de la fase sólida a la líquida.

La fuente principal de arsénico en el SAR serían las sustancias/minerales contenidos en la formación Libertad. El agua de lluvia al infiltrarse lentamente a través de esta unidad se cargaría de arsénico para luego alcanzar la zona saturada y recargar el acuífero. Esta hipótesis explicaría bastante bien varios aspectos como:

La mayor parte del SAR está cubierto por esta Unidad lo que explicaría la amplia distribución de este contaminante en el acuífero.

Por otra parte en la zona de Ciudad del Plata donde la cobertura pasa a ser predominantemente la formación Dolores los contenidos de arsénico en el SAR (acuífero Chuy) son varias veces menores que en el resto de la región del SAR

La formación Libertad presenta sustancias/minerales que según la literatura son potenciales fuentes de arsénico en otros acuíferos.

La litologías finas de esta Unidad presentan una permeabilidad relativamente baja, lo que se traduce en un tiempo de residencia alto que posibilita un mayor tiempo de contacto/reacción entre la fase sólida y líquida. En especial en las zonas de mayor espesor de esta Formación.

Existe un muy probable origen similar en algunas litologías de la formación Libertad y el loess Pampeano de Argentina. Este material según los distintos investigadores Argentinos es la principal fuente de arsénico del acuífero Pampeano.

En la zona del Paso del Carretón los pozos alumbran agua del basamento que está parcialmente cubierto por la formación Libertad. El agua para esta zona también contiene arsénico, puntualmente con valores muy elevados.

Los resultados del muestreo de perforaciones del estudio de “seguimiento” no mostraron cambios importantes en el contenido de arsénico a lo largo del tiempo en un mismo pozo. Tampoco se detectaron cambios significativos en el contenido de arsénico en las muestras de agua con el pozo de seguimiento funcionando y cuando estuvo sin uso por varios meses. El ensayo de bombeo y muestreo de agua efectuado por Panzl R.-2022 tampoco encontró diferencias importantes en el contenido de arsénico entre muestras tomadas a distintos caudales.

Se podría suponer una fuente de arsénico externa al sistema acuífero y relativamente constante en el tiempo, lo que apunta también a la posibilidad que la cobertura de Libertad sea esa fuente

No es posible con el conocimiento actual del SAR, en especial mineralógico/químico saber cuáles serían las sustancias/minerales responsables de la liberación de arsénico al agua del acuífero y menos aún los procesos involucrados que retiene/liberan este contaminante.

Pero en base al escaso conocimiento del SAR, a la literatura internacional y en especial la importante investigación sobre el origen del arsénico en el acuífero Pampeano se puede señalar los minerales/sustancias más probables:

El vidrio volcánico es la sustancia que más se menciona en la literatura Argentina como la fuente o unas de las fuentes más probable del alto contenido de arsénico en el acuífero Pampeano (Nicolli H. et al, -2012 a y b, Bundschuh J-2004, entre otros). La razón principal no es por su contenido alto de arsénico, sino por su relativa abundancia y por ser termodinámicamente inestable lo que se traduce en una hidratación/disolución más fácil que otros minerales asociados (Fisher R & Schmincke H.-1984).

El alto contenido en sílice del agua en el SAR (50-85 mg/L), la ligera subsaturación en sílice amorfa encontrada en el estudio de índices de saturación (Proyecto RLA/8/031) y la presencia de vitroclastos con posibles bordes de corrosión estarían indicando probables procesos de disolución de vidrio volcánico contenido en la formación Libertad.

El análisis de unas pocas muestras de pelitas de la formación Libertad indica que la cantidad de vidrio en la fracción arena es muy baja.

Pero hay que tener en cuenta que no se analizó las fracciones finas (limo-arcilla) que podrían también contener vitroclastos. Además si bien comparativamente el loess Pampeano tendría en promedio más vidrio que la formación Libertad, los valores de arsénico en el acuífero Pampeano son muchos más alto que en el SAR:

Acuífero	Región	Promedio As	Fuente
Pampeano	Prov. Buenos Aires	134 µg/L	Nicolli H. et al. 2012
SAR	Dpto. San José	15 µg/L	Este trabajo

La calcita ha sido mencionada en algunos trabajos del acuífero Pampeano como posible sumidero/fuente de As (Vital M. et al.-2019, Cacciabue L.-2023). El arsénico puede estar alojado en la estructura de la calcita (coprecipitado) y/o en la superficie sólida del mineral (adsorbido).

En la formación Libertad el carbonato es un constituyente muy frecuente y puede encontrarse tanto disperso, en concreciones o concentrado en niveles poco potentes [Goso H.-1965]. Los porcentajes de carbonato de calcio en 9 muestras de la unidad Libertad varían entre 0 y 20 %, con una media de 8 % [Pérez M.-1991].

Óxidos e Hidróxidos de Fe/Mn/Al son posiblemente la fuente/sumideros más importante de arsénico en los acuíferos, por su gran capacidad de adsorción, su amplia abundancia y distribución [Bundschuh J. et al. 2008, Cacciabue L. -2023]. En estos casos, el arsénico puede localizarse tanto dentro de la estructura como estar adsorbido en la superficie sólida de estos minerales. Y la liberación del mismo es debida a disolución de óxidos/hidróxidos en condiciones reductoras, desorción de As por aumento del pH o por la presencia de aniones competitivos por los sitios de adsorción como el fosfato, bicarbonato, vanadatos, etc. [Smedley P. & Kinniburgh D.-2002].

Los pocos datos indirectos sobre la presencia de Ox/Hid de Fe para la formación Libertad indican contenidos muy bajos en la fracción arena fina analizada por Pérez M.-1991 (% en volumen de opacos en general menor a 2). Pero los de Ox/Hid de Fe cristalino o amorfo pueden estar dispersos en las fracciones más finas. O como pátinas recubriendo granos, como identificó en su estudio Pérez M.-1991.

Los valores promedio de Hierro de las pelitas de Libertad no son muy diferentes a los encontrados en el loess pampeano de Argentina. Cuadro 37

Unidad	Loess Pampeano *			Libertad **
Región	Norte Provincia de La Pampa	Córdoba	Argentina central	San José
Fe ₂ O ₃ (%)	4,84	4,83	4,76	5,5
Al ₂ O ₃ (%)	15	15,4	-	12
As (ppm)	8	16,7	8,8	6
V (ppm)	100	-	105	129

* Datos tomados de Smedley P. et al. -2005

** Este trabajo

Cuadro 37: Valores promedios de algunos elementos en el loess Pampeano y en la Formación Libertad.

En el análisis de los datos químicos de las pelitas de Libertad y suelo sobre Libertad se encontró una correlación positiva moderada entre As-Al, As-Fe, As-V y Al-V, ver cuadro siguiente:

	SiO2	MgO	Al2O3	Fe	V	As
SiO2	1					
MgO	-0,3887	1				
Al2O3	0,4495	0,0923	1			
Fe	-0,4058	0,4544	0,4521	1		
Mn	-0,0821	0,0403	-0,3549	-0,0364		
V	0,3528	-0,0112	0,6712	0,2544	1	
As	0,0273	0,2924	0,7667	0,6229	0,7034	1

Cuadro 38: Coeficiente de correlación entre elementos seleccionados de muestras analizadas con pFRX de suelo y la formación Libertad

9.6. Factores relacionados al contenido y distribución espacial de arsénico en el SAR

Como ya se mencionó anteriormente un rasgo característico de las zonas con alto contenido de As en las aguas subterráneas es el gran grado de variabilidad espacial de las concentraciones de As en las mismas. [Smedley & Kinniburgh -2002]. La presencia de arsénico en las aguas subterráneas es la consecuencia de un ambiente geoquímico y unas condiciones geológicas-hidrogeológicas específicos para cada caso. [Lillo J.- 2020]. En donde factores de escala local pueden afectar la mayor o menor liberación de arsénico [Nicolli H. et al.- 2012a, Díaz S.-2016].

Para la Zona Centro-Sur del SAR no se observa una tendencia o patrón espacial clara de la distribución de As, sino que aparecen sectores en general puntuales con mayor contenido de este contaminante que en áreas vecinas. Dentro de las zonas con alto contenido de As se destaca claramente la sub-zona de Kiyú donde los valores de As en promedio son bastante mayores y en algunos sectores duplican el valor promedio de la Zona Centro-Sur.

Esta sub-zona se localiza aproximadamente al S-SW del principal interfluvio de aguas subterráneas del SAR (zona de recarga vertical) y presenta cierta tendencia a aumentar los valores de As hacia la costa. En dirección opuesta al interfluvio (N-NE) los valores en cambio además de ser menores la tendencia es a decrecer (Figura 49). Esta asimetría en el contenido y tendencia de distribución de As sólo podría explicarse por la existencia de factores locales que generan un mayor contenido de este contaminante en el agua de la sub-zona de Kiyú

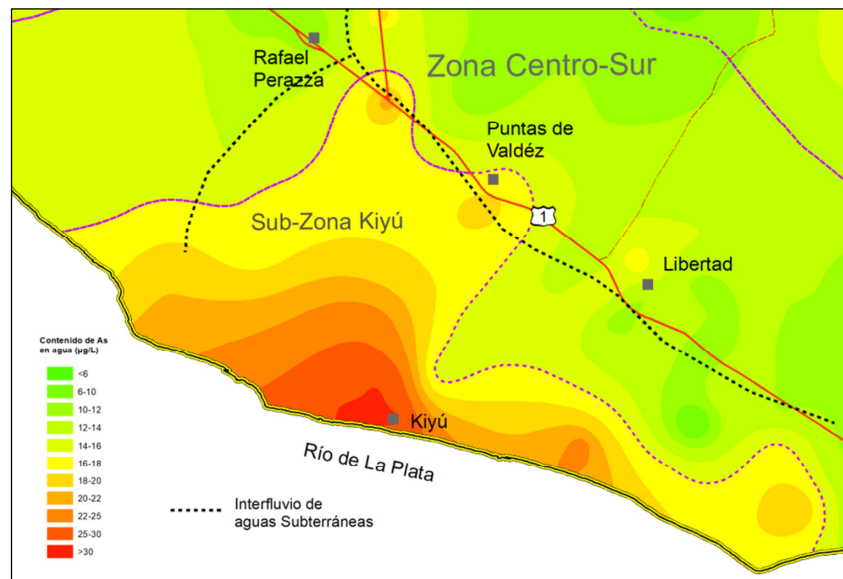


Figura 49: Contenido/distribución espacial de arsénico en la Sub-Zona de Kiyú

No es posible con la información que se tiene determinar cuál o cuáles son dichos factores locales, pero se puede señalar algunos aspectos/características que podría estar relacionados a la mayor liberación de arsénico al agua subterránea de esta sub-zona.

El espesor de la cobertura es frecuentemente mayor a los 10 m. y en algunos sectores supera los 20 m como en la faja entre Puntas de Valdez y Kiyú. Lo cual puede producir mayor tiempo de residencia del agua de recarga dentro del material pelítico poco permeable y favorecer la interacción fase sólida-fase líquida. Además dentro de este sector la cantidad de sustancias/minerales que potencialmente pueden estar liberando arsénico podría ser mayor (Figura 50a).

Para esta sub-zona los valores promedio de alcalinidad/bicarbonato son relativamente más altos que para el resto la zona Centro-Sur, además como ya se mencionó, se encontró una correlación positiva bastante fuerte con el As (Figura 50b). También el cloro presenta valores bastante más altos con respecto al resto de la zona Centro-Sur (Figura 50c). Para este ion Panzl R-2022a encuentra una fuerte correlación positiva ($R=0,62$) con el arsénico. Estos aniones u otros como el fosfato podrían estar compitiendo por los lugares de la superficie sólida de los minerales donde el arsénico está adsorbido, lo que explicaría los niveles altos de este contaminante en la sub-zona de Kiyú.

También para la Sub-Zona de Kiyú como se mencionó anteriormente el agua presenta en promedio un mayor contenido de iones (excepto Ca y Mg), los que se refleja en una mayor

conductividad eléctrica (Figura 49d). Esta mayor salinidad del agua alcalina bicarbonatada Na podría tener una relación directa o indirecta con los valores altos de arsénico de la sub-zona de Kiyú

Otros factores, no excluyentes con los anteriores mencionados, podrían promover o explicar los altos valores de arsénico: Condiciones/variaciones de pH y potencial Redox, gradiente hidráulico/velocidad de flujo, uso del suelo, etc.

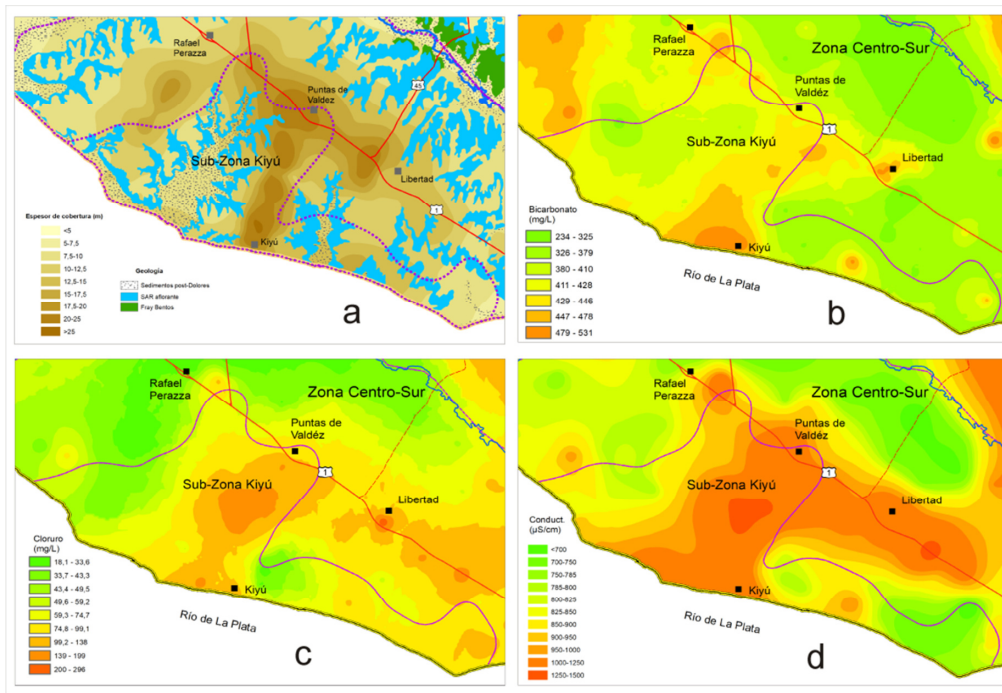


Figura 50: Espesor de cobertura (a) y contenido de bicarbonato (b), cloruro (c) y valor de conductividad (d) en la sub-zona de Kiyú

La recarga directa local en las zonas del acuífero aflorante o con poco espesor de cobertura produciría una menor salinidad del agua subterránea en estas zonas al mezclarse con el agua del flujo profundo (ver sub-capítulo 8.8.). Si esta hipótesis es correcta también en estas zonas de descarga o cercanas a las mismas se debería esperar una disminución del contenido de arsénico en las aguas de “mezcla”.

Para la zona de Ciudad del Plata con valores muy bajos de arsénico y muy baja salinidad en el agua del acuífero Chuy también se produciría una disolución por un importante aporte de agua de lluvia de recarga local. Pero todo o parte del arsénico podría provenir del flujo lateral de agua con arsénico del Raigón hacia los niveles permeables del acuífero Chuy.

En la Zona NE-Río San José, también existe una región en las cercanías de la ciudad de Rodríguez con valores altos de arsénico. (ver Figura 44). Como ya se comentó anteriormente varias perforaciones de esta región anómala están alumbrando agua también de niveles permeables de la formación Fray Bentos. Se podría pensar que la mezcla de aguas produciría un efecto de disolución lo que resultaría en contenidos de arsénico menor. Pero para ello, hay que suponer que el agua de Fray Bentos no contiene arsénico o contiene valores muy bajos.

Los datos indican lo contrario, ya que dos de los pozos que estarían tomando también agua del Fray Bentos (último tramo de filtros a más de 40 m y conductividad alta de 2200 y 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) son los que presentan mayor contenido de arsénico (25,3 y 40,6 $\mu\text{g}/\text{L}$).

No queda claro cuál es el efecto del agua del Fray Bentos en el contenido de arsénico de la mezcla final, se debería tener más datos, en especial identificar y muestrear perforaciones que estén sacando agua solo de niveles permeables de esta Unidad.

10. BIBLIOGRAFÍA

Andreis R. y Mazzoni M. (1967) : Sedimentología de las formaciones Kiyú y San José. Departamento de San José, Uruguay. Revista del museo de la Plata, Tomo VI, Geología 41. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo

Argamasilla M., Barberá J. A, Andreo B. (2017) : Factors controlling groundwater salinization and hydrogeochemical processes in coastal aquifers from southern Spain. *Science of the Total Environment* 580 (2017) 50–68.

Bango Gonzalo (2020) : Caracterización sedimentológica e hidráulica de la Formación Raigón (Plioceno) en la región suroccidental del departamento de San José, Uruguay. Tesis de grado. Licenciatura en Geología, Facultad de Ciencias, Udelar.

Blanco M. del C., Paoloni J. D., Morrás H. (2005) : Geoquímica del ión arsénico y su partición en la fase sólida de Suelos de la región pampeana sur, Argentina. II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea. IV congreso Hidrogeológico Argentino Río Cuarto, 25 al 28 de octubre de 2005

Blanco M. del C., Paoloni J. D., Morrás H, Fiorentino C., Sequeira M. E., Amiotti N., Bravo O., Diaz S., Espósito M. (2011) : Partition of arsenic in soils sediments and the origin of naturally elevated concentrations in groundwater of the southern pampa region (Argentina). *Environ Earth Sci* (2012) 66:2075–2084. Springer.

Bundschuh J., Farias B., Martin R., Storniolo A., Bhattacharya P., Cortes J., Bonorino G., Albouy R. (2004) : Groundwater arsenic in the Chaco-Pampean Plain, Argentina: case study from Robles county, Santiago del Estero Province. *Applied Geochemistry* 19 (2004) 231–243

Bundschuh J., Giménez Forcada E., Guèrèquiz R., Pérez Carrera A., Garcia M. E., Mello J., Deschamps E. (2008) : Fuentes geogénicas de arsénico y su liberación al medio ambiente. En *IBEROARSEN : Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana*. Bundschuh J., Pérez Carrera A., Litter M. Editores. CYTED, Argentina

Carballo-INYPSA Consultores (1995) : Estudio del Acuífero Raigón. Programa de Manejo de Recursos Naturales y Desarrollo del Riego (Prenader). MGAP-MTOP-Banco Mundial.

Castaño J., Giménez A., Ceroni M., Furest J., Aunchayna R. (2011) : Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. INIA, Serie Técnica N° 193

Cacciabue Lucía (2023) : Metodologías adaptadas para la identificación de procesos que controlan la dinámica del As en la llanura Pampeana. Tesis Doctoral 2023, Universidad Nacional de Córdoba/Instituto de Hidrología de Llanuras

Censo INE -2011 : Censo de población y vivienda

Collazo P., Pamoukaghlián K., Buhl V., Pizorno P., Mañay N. (2020) : Arsénico en agua subterránea de Uruguay y riesgo a la salud asociado: Resultados preliminares. Revista Latino-Americana de Hidrogeología (ALHSUD). Edición Especial : Actualidad en la hidrogeología de Uruguay.

Collazo P., Pamoukaghlian K., Fachin G. (2023) : Geochemistry and Variability of Arsenic Concentration in Groundwater: Kiyu Case, San Jose, Uruguay. SETAC Latin America 15th Biennial Meeting. ABSTRACT BOOK. 17–20 September 2023, Montevideo, Uruguay

Cortina J. L., Armienta M. A., Rovira M., Martínez X., Ballinas L. (2008) : Movilidad del arsénico y procesos de transporte. En IBEROARSEN : Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana. Bundschuh J., Pérez Carrera A., Litter M. Editores. CYTED, Argentina

de Carvalho Filho C. , Bomtempo V., Santos Cota S., Pelógia Minardi P., Gomes Passos R. (2022) : Use of major ions to evaluate groundwater chemistry and identify hydrochemical processes in a shallow coastal aquifer in southeast Brazil. *Environ Earth Sci* 81, 423 (2022).

Díaz S., Espósito M., Blanco M. C., Amiotti N., Schmidt E., Sequeira M., Paoloni J., Nicolli H. (2016) : Control factors of the spatial distribution of arsenic and other associated elements in loess soils and waters of the southern Pampa (Argentina). *Revista Catena* 140 (2016) 205–216

Dinot : Cobertura del Suelo 2019-2020. MVOT. <https://sit.mvot.gub.uy/sit/>

Fisher R.V. and Schmincke H.-U. (1984) : Pyroclastic rocks. Springer-Verlag, Berlín, Nueva York, 1984. 472 pp.

Flaquer Alfonso (2020) : Modelación numérica del Sistema Acuífero Raigón. Tesis de maestría. Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA). Facultad de Ingeniería – Universidad de la República

González Bonorino Félix (1965) : Mineralogía de la fracción arcilla y limo del Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Tomo 20, Número 1, pp 67-150

Goso C., Fernández-Turiel J., Guéréquiz R., García M., Gimeno D., Mañay N., Manganelli A. (2008) : Arsénico en algunos acuíferos del Uruguay, *Nota Breve. Revista SUG*, 15, pp. 98–99.

Goso Héctor (1965) : El Cenozoico en el Uruguay. Instituto Geológico del Uruguay, Ministerio de Industria y Comercio. Edición Mimeográfica

Guéréquiz R., Mañay N., Goso C., Bundschuh J, Fernández J., García-Vallès M.(2007a) : Hidrogeoquímica de metales tóxicos: riesgo ambiental por presencia de arsénico en el acuífero Raigón, San José - Uruguay. V Congreso Uruguayo de Geología-2007

Guéréquiz R., Mañay N., Goso C., Fernández J., García M. (2007b) : Environmental Risk Assessment of Arsenic in the Raigón Aquifer, Uruguay: Research Advancements. In: 11 International Congress: Arsenic in the Environment: From Nature to Humans. Valencia, Spain .

Haile-Meskale Mezmure (1990) : Estudio integrado de la cantidad y calidad del agua subterránea en la parte inferior de la cuenca del Santa Lucía, Uruguay. Tesis Doctoral, Universidad de Quebec en Montreal. Canadá

INUMET (2023): Sequía meteorológica en Uruguay (2020-2023). Informe Final. https://www.inumet.gub.uy/sites/default/files/2024-01/Informe%20final_Sequ%C3%ADa%20Final_2020_2023_compressed.pdf

Iriondo Martín (1997) : Models of deposition of loess and loessoids in the Upper Quaternary of South America. *Journal of South American Earth Sciences* 10, 71-79.

Izquierdo D. y Techera J. : Informes del Monitoreo Acuífero Raigón (2019 a 2023) <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/publicaciones/monitoreo-del-nivel-estatico-medida-parametros-fisico-quimicos-acuifero>

Litter M., Pérez Carrera A., Morgada M. E., Ramos O., Quintanilla J., Fernández-Cirelli A. (2008) : Formas presentes de arsénico en agua y suelo. En IBEROARSEN : Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana. Bundschuh J., Pérez Carrera A., Litter M. Editores. CYTED, Argentina

Lillo Javier (2008). Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas. Accesible en: https://www.researchgate.net/publication/266597632_Peligros_geoquimicos_Arsenico_de_origen_natural_en_las_aguas

Lillo Javier (2020) : Contaminación geogénica de arsénico en las aguas subterráneas. <https://www.iagua.es/blogs/javier-lillo/contaminaciongeogenica-arsenico-aguas-subterranea>.

Manganelli A., Goso C., Guérèquiz R., Fernández Turiel J. L., García-Vallès M., Gimeno D., Perez C. (2007) : Groundwater arsenic distribution in South-western Uruguay. *Environmental Geology*, 53 (4), pp. 827–834.

Mañay N., Goso C., Pistón M., Fernández-Turiel J.L., García-Vallès M., Rejas M., Guerequiz R.† (2013) : Groundwater arsenic content in Raigón aquifer system (San José, Uruguay). Revista SUG Nº18, 20 – 38. Sociedad Uruguaya de Geología.

Mariño E., Teijón Ávilab G., Bhattacharyac P., Schulza C. (2020) : The occurrence of arsenic and other trace elements in groundwaters of the southwestern Chaco-Pampean plain, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 100 (2020) 102547

McPhie, J., Doyle M., Allen R. (1993) : Volcanic Textures. A Guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. ARC Centre of Excellence in Ore Deposits, Univ. of Tasmania, 196 p.

Medus M., Mariño E., Schulz C. (2005) : Variación temporal de los contenidos de arsénico en la batería de pozos que abastece a General Pico, La Pampa, Argentina. II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea. IV congreso Hidrogeológico Argentino Río Cuarto, 25 al 28 de octubre de 2005

Neira Gutiérrez Marco (2006) : Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile. Tesis de Grado, Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil

Nicolli H.B, Bundschuh J., García J. W., Carlos M., Falcón C. M., Jean Jiin-Shuh (2010) : Sources and controls for the mobility of arsenic in oxidizing groundwaters from loess-type sediments in arid/semi-arid dry climates - Evidence from the Chaco-Pampean plain (Argentina). *Water Research*, Volume 44, Issue 19, 2010, Pages 5589-5604,

Nicolli H. B., García J., Falcón C., Smedley P. (2012a) : Mobilization of arsenic and other trace elements of health concern in groundwater from the Salí River Basin, Tucumán Province, Argentina. *Environ Geochem Health* (2012) 34:251–262

Nicolli H.B, Bundschuh J., Blanco M. del C., Tujchneider O., Panarello H., Dapeña C., Rusansky J. (2012b) : Arsenic and associated trace-elements in groundwater from the Chaco-Pampean plain, Argentina: Results from 100 years of research. *Science of the Total Environment* 429 (2012) 36–56

OMS (2022) : Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. Genova: World Health Organization; 2022.

Pamoukaghlian K., Collazo P., Alvareda E., Buhl V., Pizzorno P., Mañay N. (2022) : Niveles de arsénico elevados en el Sistema Acuífero Raigón, en las zonas de Kiyú, Libertad y Santa Regina. Poster presentado en el II Simposio de arsénico en agua subterránea del Uruguay.

Panzl Rebeca (2022a) : Hidrodinámica y estudio de especies inorgánicas de arsénico en el Acuífero Raigón al sureste de Kiyú (San José, Uruguay). Tesis de grado para optar por el título de Licenciada en Geología. Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Geológicas. Universidad de la República

Panzl R., Cardozo M., Suárez M., Ramos A. (2022b) : Modelo hidrodinámico preliminar para determinar la incidencia del caudal de bombeo en la variabilidad de los niveles de As en el agua subterránea. Poster en II Simposio de Arsénico en agua subterránea del Uruguay.

Plan de Aguas Urbanas Ciudad del Plata (2018) : MVOTMA, OSE, IMSJ, BID. Primera edición digital: Diciembre de 2018, MVOTMA, Montevideo-Uruguay. https://sanjose.gub.uy/wp-content/uploads/2018/12/PDA_CDP_20dic2018-final.pdf

Perea D. y Martínez S. (2004) : Estratigrafía del Mioceno–Pleistoceno en el litoral sur-oeste de Uruguay. Cuencas sedimentarias de Uruguay: Geología, paleontología y recursos naturales. Cenozoico. Veroslavsky G., Ubilla U, Martínez S., Editores. –Montevideo: DI.R.A.C., 2006.

Pérez Mirian (1991) : Sedimentología y Estratigrafía de las formaciones Raigón y Libertad (Plio. Pleistoceno) del Sudoeste de San José. Cuenca del Santa Lucía- Uruguay, Université Du Québec: Tesis de maestría III en Ciencias de la Tierra.

Proyecto Regional de Cooperación Técnica RLA/8/031 (2005) : Gestión sostenible del acuífero Raigón Uruguay. Informe técnico final del proyecto Nacional. Manejo integrado y sostenible de aguas subterráneas en América Latina

Richards, L.A. (1954) :Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agricultural Handbook 60, 160 p.

Ross C. S. and Smith R. I. (1961) : Ash-Flow Tuffs: Their Origin, Geologic Relations and Identification. Geological Survey Professional Paper 366

Smedley P.L. and D.G. Kinniburgh D.G. (2002) : A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. Applied Geochemistry 17, 517–568. Published by Elsevier Science

Smedley P.L., Kinniburgh D., Macdonald D., Nicolli H., Barros A., Tullio J., Pearce J., Alonso M. (2005) : Arsenic associations in sediments from the loess aquifer of La Pampa, Argentina. Applied Geochemistry 20 (2005) 989–1016

Spoturno J., Oyhantcabal P., Aubet N., Casaux S. (2004). Mapa geológico y de recursos minerales del departamento de San José, Uruguay. Dinamige-FCIEN-Dinacyt.

Srinivasamoorthy K., Gopinath M., Chidambaram S., Vasanthavigar M., Sarma V.S. (2013) : Hydrochemical characterization and quality appraisal of groundwater from Pungar sub basin, Tamilnadu, India. Journal of King Saud University – Science (2014) 26, 37–52.

Tay C., Dorleku M., Koranteng S. (2018) : Hydrochemical Evolution of Ground and Surface Water within the Amansie and Adansi Districts of the Ashanti Region, Ghana. West African Journal of Applied Ecology, vol. 26(1), 2018: 108 – 133

Teruggi Mario E. (1954). El material volcánico-piroclástico en la sedimentación cuaternaria Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 9(3), 184-191.

Ugalde Raúl (2019) : Petrografía, quimioestratigrafía y proveniencia sedimentaria de la formación Camacho (Mioceno), Uruguay. Tesis de Magíster. Facultad de Ciencias. Udelar

Villanueva Martínez M. e Iglesias López A. (1984) : Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. Madrid : Instituto Geológico y Minero de España, 1984. <https://aguas.igme.es/igme/publica/libro35/lib35.htm>

Vital M., Martínez D., Babay P., Quiroga S., Clément A., Daval D. (2019) : Control of the mobilization of arsenic and other natural pollutants in groundwater by calcium carbonate concretions in the Pampean Aquifer, southeast of the Buenos Aires province, Argentina. *Science of the Total Environment* 674 (2019) 532–543

Zárate Marcelo (2003) : Loess of southern South America. *Quaternary Science Reviews* 22 (2003) 1987–2006.

Zhang L., Dong D., Lv S., Zhang J., Yan M., Han G., Li H. (2023) : Hydrochemical Characterization and Quality Assessment of Groundwater in the Southern Plain of Hebei Province, China. *Water* 2023, 15, 3791.

Zhang T., Wang P., He J., Liu D., Wang M., Wang M., Xia S. (2023) : Hydrochemical Characteristics, Water Quality, and Evolution of Groundwater in Northeast China. *Water* 2023, 15, 2669.

ANEXOS

Tabla 1 : Datos hidráulicos de perforaciones de Dinamige

Código	Propietario	Localidad	X_utm	Y_utm	Z (m)	Profundidad Libre (m)	Profundidad Total (m)	Caudal (m³/h)	N.E. (m)	N.D. (m)	Ubicación de Filtros (m)	Ubicación de Nagas (m)
A 1125/1	Bambina S.A.	Tropas Viejas	5492065.3	6157375.6	14	31.85	31.8	1.6	17.9	25.32		28-31
A 1125/2	Bambina S.A.	Tropas Viejas	550489.9	6157545.2	13	30.6	29.6	1.0	14.5	19	24.3	24-30
A 465	Casarno Hnos. Ltda.	Barra de Santa Lucia	559136.5	6151134	1	25.5	25.5	1.8	2.15	22.3	22.15-24.4	22.3
A 1109/1	Chacra Penal	Libertad	531678.3	6167899.6	37	37	37	17.8	27.5	30.5	31-33.7	30.5-33.6
A 1109/2	Chacra Penal	Libertad	531727.6	616752.3	35	41	39.6	15.8	25.4	33.15	35-38	34-38
A 1117	Chacra Penal	Libertad	532000.4	6167782.7	42	31	28.9	13.8	19	21.4	24.75-27.25	20-27
A 794/1	Chacra Penal	Libertad	532167.9	6167861.8	47	27.8	22.95	12.8	14	15.2	14.95-17.75/19.75-22.05	15/19.5
A 794/2	Chacra Penal	Libertad	532051.3	6167821.3	43	45.9	45.9	15.8	26.4	38	28.56-31.6/43.92-45.06	29.1/44.5
A 924	Club Rincón del Pino	Libertad	514999.2	6167761	41	56.05	56.05	16.1	20.7	23.5	23.34-26.83/54-55.58	24/54
A 1503	Comisión Vecinal	Rincón del Pino	519297.8	6182179.8	33	23	23	13.2	10.2	12.3	20.8-22.5	22
A 1507	COMAPROE	Rincón del Pino	513741.8	6179793.9	37	16	16	9.9	6.1	12	13.5-15.5	15
A 1362/1	COMAPROE	Rincón del Pino	513741.8	6183111.2	22	56.5	17.5	10.5	7.7	14.7	14.5-17.5	14-16
A 1362/2	COMAPROE	Rincón del Pino	542122.6	6194289.6	36	21.35	19.5	9.3	5.75	14.1	16.3-18.75	10/15/17
A 971/2	COMAPROE	Rodríguez	541355.3	6194287.1	36	20.5	20.5	23.3	5.25	7.25	17.15-20.9	17-21
A 1466	Daniel Rodríguez Maestro	Paso de Mauricio	531704.4	6164221.8	28	42.7	18.5	13.2	11.28	16	16-18	17-20
A 1590	Daniel Rodríguez Maestro	Paso de Mauricio	531481.2	6164346.7	26	40	38.1	13.4	8	26	29-36	14/18
A 858	Enrique Shaw	Costas de San Gregorio	529497.3	6168807.6	37	17.9	17.9	19.8	6.1	15.13	16.8	8-15/20-22/28-29
A 1322	Escuela de Mecánica Agrícola	Libertad	541158.2	6161521	23	22	22	6.33	9.6	17	17.5-20.5	15.5
A 946/2	Escuela Nº 77	Libertad	541374	6162148.2	22	19	17.5	8.3	10	15.4	14.67-17	16/20.4
A 980	Escuela Nº 77	Kivú	523148.2	6162217.9	45	38.2	36.8	6.3	31.9	33.3	33.86-36.4	33-36.4
A 591/1	Estancia La Rabida	Arroyo del Tigre	538159.5	6157307.4	22	42.4	42.4	50	23.6	38.9	33.4-36.4/37.3-40.3	29/31/40.5
A 591/2	Estancia La Rabida	Arroyo del Tigre	537855.2	6157441.2	20	29.2	29.2	31.2	14.1	24	25.3-28.3	25
A 591/3	Estancia La Rabida	Arroyo del Tigre	538159.5	6157307.4	22	40.2	40	36	20.7	39.3	36.7-39.8	37.5
A 591/4	Estancia La Rabida	Arroyo del Tigre	536808.4	6157173.6	23	23.2	22	28	11.4	21	19-22	20
A 591/5	Estancia La Rabida	Arroyo del Tigre	536696	6158181.9	31	44	38.9	90	8.4	18.5	21.3-22.5/29.55-32.45/35.8-38.75	22/29/37
A 591/6	Estancia La Rabida	Arroyo del Tigre	536791.4	6158530.5	19	48	48	88	22.5	33.2	42.35-47.8	25/33/37/42
A 742/1	Herman Weissman	Tropas Viejas	549497.7	6157126.9	14	35	30.1	80	11.7	19.05	25.2-29.2	23.5-29.6
A 742/2	Herman Weissman	Tropas Viejas	549684.5	6157359.3	13	37.1	32.4	72	15.75	22.4	15.75-17.85/28.5-31.5	16-18/29.5-32
A 770	IGU	Delta del Tigre	555655.7	6154827.6	3	13.4	6.6	6.6	8.2	0	0-4.13	12
A 974	Ingram SA.	Tropas Viejas	550152.3	6157064.4	13	32.1	30.3	26.4	10.7	22.7	25.5-30.37	27
A 716	Instituto Nacional de Colonización	Cocta de Pereira	507239.7	6174925.4	17	35.7	35.7	14.3	18.6	27.6	20-23.5/28-31	23.5/28
A 589/1	ISUSA	Delta del Tigre	557584.3	6151577.4	3	52	52	1.2	0.5	13		13
A 775	Jorge Parraguire	Rincón de la Bolsa	552040.6	6151610.2	13	28.6	28.6	13.4	9.7	14.5	27.1-28.6	27.5
A 1284	Usovi, Arjiles Cabrera	Libertad	535667.2	6164465.1	28	28.6	28.6	19	8.35	17	13.88-15.88/19.55-23.2	14/25/21
A 1009	OSE	Libertad	5347055.6	6166748.6	38	28	28	22	17.6	18.9	20.5-26	24
A 1016	OSE	Rafael Peraza	518604.6	617281.7	37	25.2	15	19.8	7.5	11	12.5-15	12
A 1155	OSE	Puntas de Valdez	528892.4	6173088.6	48	37	36.5	6.6	27	32.5	33.5-36.5	33-36
A 1177/1	OSE	Libertad	532855.3	6167261	35	21	21	10.5	15.05	17	18-20.5	17.2
A 1177/2	OSE	Libertad	534318.1	6166956.4	31	38.4	31.45	22.7	10.7	16.6	25.65-30.85	30.8
A 1234	OSE	Rodríguez	542997.2	6194825.9	38	55	51.5	7.5	14	46.85	51.9-53.9	53
A 1241/1	OSE	Villa San Fernando	556225.9	6152847.3	7	39.5	0	3.77	1.4	3.5		3-4/10-12
A 1241/2	OSE	Villa San Fernando	555759.5	6152468	5	39.5	18.8	11.3	3.2	12.79	15.11-17.61	3/8/11/15.5
A 1241/3	OSE	Villa San Fernando	555897.4	6152301.4	5	21	20.5	6.4	11.4	15	17.4-19.9	12.8-13.3/18-18.8
A 1500	OSE	Rincón del Pino	515112.7	6181943.7	33	25	19	10.5	12.6	16.5	16.5-18.5	16.5-18.5
A 284	OSE	Libertad	534806.3	6167332.5	42	56.13	56.13	14.4	19	42	42-53	51
A 840	OSE	Libertad	534719.3	6167244.5	40	35	30.3	18	20.4	24.75	25.1-30.3	24
A 1130/1	Panel	Libertad	532130.1	6167107.2	44	33.3	33.3	22	26.6	28	30.1-32.7	28.8-33.8
A 1130/2	Panel	Libertad	532168.5	6166969.8	45	35.5	33.6	13	25.5	29.2	30.4-32.9	27-35.5
A 1138	Panel	Libertad	532515	6167471	45	35.5	33.8	14.3	27	30	31-32	31
A 777	Pedro y Luis Bidegain	Costas de Mauricio	526696	6159738.3	11	38.9	38.9	22.4	23.5	36	32.06-34.06/36.97-38.88	23/31.2/36.8
A 1170	Panel	Libertad	532278	6167352	47	40.6	35	28	26.2	29.5	30.2-33.2	28
A 1202	Panel	Libertad	532487.4	6167225.8	44	47.8	45.25	6.6	33	39.7	41.15-44.75	23/38.5/42
A 1331/1	Panel	Libertad	532312.7	6167428	48	29	27.55	16.5	19	21.8	24.45-26.95	23-27
A 1331/2	Panel	Libertad	532578	6166997.9	45	31.8	28.4	20	16.1	19.4	18.3-28.9	19.5-26.5
A 1371	Panel	Libertad	532143.8	6167821.1	40	34.6	34.6	9.3	26.25	27.15	31-33.5	34.6/34.6

Tabla 1 : Continuación

Código	Propietario	Localidad	X _{utm}	Y _{utm}	Z (m)	Profundidad Libre (m)	Profundidad Total (m)	Caudal (m ³ /h)	N.E. (m)	N.D. (m)	Ubicación de Filtros (m)	Ubicación de Nagas (m)
A 1449/1	R. Costamale	Penino	552721,2	6154534,6	12	11		4	5,52			7
A 1449/2	R. Costamale	Colonia Wilson	546569,5	6158406,7	6	20,7		4	13			14
A 1449/3	R. Costamale	Libertad	534905,6	6166772,6	42	17,5		4	10,3			12
A 1449/4	R. Costamale	Mangullo	530632,6	6171591,6	40	40		7	32			34
A 1449/5	R. Costamale	Rincón del Pino	516518,4	6182182,9	24	27		7	16			24
A 1449/6	R. Costamale	La Boyada	502971	6191583,3	27	22,5		2,5	7,4			9
A 748	Rosa L. De Gallertza	Orillas del Plata	539123,4	6162693,9	32	30	30	30	22,6	28,9	25,28 - 28,95	27,8
A 1149	UTE	Rincón de la Boisa	558101,3	6151927,1	3	40		4,4	18			21
A 1163 (DinA366)	UTE	Libertad	537071,9	6167529,4	38	23,5	23,4	4,4	18	20,5	21,52 - 22,8	19/23
A 751	Victorio Mariano	Libertad	532704,4	6169094	50	45	44,13	18	29	39,4	39,43 - 43,63	44,2
Área 1	Parador Aracurfa	Libertad	542095	6175457	35	15						
Din A. 99	Volarch	Puntas de Valdez	541853	6188084	50							
N1	Nuevo Aracurfa	Aracurfa	503208	6176007	38	18						
N3	7/0	Aracurfa	511773	6168410	36							
N6	Estancia La Ribilda	Conas del Plata	536984	6138249	31	56	54	40,5	23,5	30	36 a 46 / 48 a 52	
N8	Camino del Carreón	Arroyo Llano	521826	6197344	60	42	3	3				
USA 1	Lanrengo	Arroyo Llano	537225	6160725	16	49		11,0	1,88			16,8-27,5
USA 2	Berto Sosa	Orilla del Plata	538650	6161998	33	66		11,0	18,27			16,8-19,8 / 25,9-50,3
USA 3	Julio Delgado	Orilla del Plata	538758	6162744	33	66		45,0	17,40			27,48
USA 4	Luis Delgado	Orilla del Plata	538420	6163710	27	66			13,50			21,24 / 27-37,5
USA 5	Fraga	Orilla del Plata	537663	6167728	37	54			18,75			18-21 / 40,5-46,5
USA 6	INIA	Libertad al Sur	530317	6163886	25	31,2			10,25			9-15 / 18-22,5 / 34,5-36
USA 7	R. Antúnez	Camino a Kivú	526042	6165544	22	34,5			5,46			18-22,5 / 25,5-28,5
USA 8	Curbelo	Mangullo	524727	6174197	45	62,5			21,43			35-28 / 43-47
USA 10	Dario Peraza	Rodriguez	541451	6188679	41	33		35,0	14,60			21 a 27,5
USA 11	Gonzalo Zunino	Arroyo Sarandí	541317	6195876	41	28,5			7,44			16-22
USA 13 (Din A 372)	V. Umplérez	Rodriguez	542600	6192904	46	40,5		50,0	14,70			27,5-35

Tabla 2 : Perfiles litológicos de perforaciones de Dinamige (Rango en m.)

Código	Rango 1	lto.1	Rango 2	lto.2	Rango 3	lto.3	Rango 4	lto.4	Rango 5	lto.5	Rango 6	lto.6
A.971/3	0-05	Suelo	05-4	Arcilla marrón	1-17	Arcilla gris.	17-20	Arena gruesa	20-20,5	Arcilla		
A.991/2	0-05	Suelo	05-13	Arcilla	13-23	Arena arcillosa con pedregullo fino	23-25	Arcilla clara	25-28	Arena y pedregullo	28-29,2	Arcilla
A.1331/1	0-05	Suelo	05-15	Lodolita con % de arena fina con contenido variable de CaCO ₃ color pardo amarillado	15-23	Arena OF a F, con abundante limo, color gris oscuro, mala selección.		Arena gruesa a muy gruesa, muy mala selección, angulosa a subangulosa, color ocre				
A.1331/2	0-05	Suelo	05-14	Lodolita con % variable de arena fina con contenido variable de CaCO ₃ , color cobre	14-18	Arena fina a media, selección regular a mala, redondeada OF, sin cemento, color ocre	18-25	Arena gruesa a muy gruesa, con cantos, mala selección, OF, subredondeados, color ocre	25-31,8	Arena gruesa y gravillos con abundantes finos, color gris, mala selección, OF		
A.742/2	0-07	Suelo	07-9,5	Arcilla parda a gris	9-51,8	Arena gruesa a fina en la base	18-29,5	Arcilla gris	29,5-32	Arena gruesa con agua	32-37,1	Arcilla gris a parda
A.1016	0-08	Suelo	08-11	Arcilla	11-25	Arena						
A.748	0-08	Suelo	08-25	Arcilla verdosa y gris parda	25-26,8	Arena	26,8-29,4	Arena gruesa	29,4-30	Arcilla		
A.770	0-09	Suelo	09-3	Arcilla	3-4	Arcilla arenosa	4-5	Arcilla	5-12,9	Arena	12,9-13,4	Arcilla
A.1109/1	0-1	Suelo	1-27	Arcilla	27-28	Arena cementada con filtración de agua	28-30,5	Arcilla	30,5-37	Arena con agua		
A.1117	0-1	Suelo	1-17	Arcilla	17-19	Arena seca	19-27	Arena con agua	27-30	Arena y gris, cementada con arena fina	30-31	Arena fina cementada con arcilla
A.1322	0-1	Suelo	1-6	Limolita parda con CaCO ₃ de 5m a 6m abundante grava y gravilla	6-16	Arena gruesa, mala selección, subangulosa a angulosa, OF, con abundante limo, parda	16-19	Limolita arena muy fina con algunos cantos 0,5mm, parda clara	19-22	Arena fina gruesa con arena fina, muy mal seleccionada, OF, angulosa a subangulosa, parda		
A.991/4	0-1	Suelo	1-11	Arcilla arenosa	11-15	Arcilla	15-22	Arenas de distintas clases	22-23,2	Arcilla		
A.716	0-15	Arcilla	15-23	Arcilla arenosa	23-25	Arena	25-26,6	Arcilla	26,6-35,7	l.2		
A.991/3	0-16	Arcillas variis	16-40,2	Arena separada por capas de arcilla y mantos de pedregullo								
A.1169 (Dinamige)	0-18,5	Troca arcillosa	18,5-20	Arena media fina	20-23	Arena gruesa	23-23,5	Arcilla				
A.991/6	0-20	Arcilla	20-48	Arcilla con arena								
A.991/1	0-24	Seco y arena amarilla	24-42,4	Arcilla arenosa calcárea, conglomerado								
A.840	0-26	Arena de varios colores con pedregullo	26-29,6	Arcilla	29,6-30,5	Arena blanca	30-5-34	Arena	34-35	Arcilla		
A.1130/2	0-27	Arcilla	27-35,5	Arena con agua								
A.1170	0-27,5	Suelo	27,5-28,5	Arcilla marrón a gris oscura	28,5-31,7	Arcilla arenosa	31,7-32,7	Arena gruesa	32,7-40	Arcilla arenosa	40-40,6	Arena gruesa arcillosa
A.1130/1	0-28	Arcilla	28-32,8	Arena con agua	32,8-33,3	Arcilla						
A.1371	0-29,5	Arcilla	29,5-31	Arena cementada con agua	31-33,6	Arena gruesa con agua	33,6-34,6	Arcilla gris				
A.1125/2	0-3	Arcilla	3-12	Conglomerado con arena y arcilla	12-17	Arcilla	17-27	Arena y arcilla	27-30	Arena gruesa	30-30,6	Arcilla
A.1241/2	0-4	Arena fina media a gruesa con gravilla en la base	4-5,7	Limo arena arcillosa calcárea	5,7-9,8	Arena fina a media arcillosa, color pardo claro, saturado en profundidad	9,8-15	Limo arena calcárea, carbonata en nodulos	15-15,5	Arena y gravilla	15,5-39,5	Limo arcillosa con carbón vegetal
A.1138	0-5	Suelo	5-29	Arcilla amarilla	29-31	Conglomerado con arcilla	31-33,5	Arena y pedregullo grueso	33,5-35,5	Arcilla		
A.946/2	0-6	Arcilla marrón	6-14	Arena fina cementada con arcilla	14-17	Arena gruesa blanca	17-19	Arcilla marrón, clara				
A.989/1	0-6	Arena limosa	6-10	Arcilla	10-22	Arcilla marrón	22-52	Arcilla rosada muy pegajosa				
A.1149	0-6	Arena	Jun-15	Arcilla negra	15-21,6	Arcilla gris oscura	21,6-23	Arcilla oscura	23-27,7	Arcilla marrón claro	27,7-40	Arcilla marrón oscuro
A.989/2	0-7	Arena limosa	7-11	Arcilla	11-22	Arcilla marrón	22-25	Arcilla				
A.991/5	0-8	Suelo y arcilla	8-39	Arcilla y arena	39-43,5	Arcilla blanca	43,5-44	Limo gris oscuro				
USA 8	0-16,8	Arcilla marrón (m. Libertad)	16,8-32	Arcilla color marrón claro	32-41,2	Arena media a gruesa con arcilla	41,2-47,3	Arena gruesa y gravilla	47,3-59,5	Arena fina a media arcillosa	59,5-64,1	Arcilla verde

Tabla 2 : Continuación

Código	Rango_1	Rango_2	Rango_3	Rango_4	Rango_5	Rango_6	Rango_7	Rango_8	Rango_9	Rango_10	Rango_ID
A.858	0-0.7	107-106	106-10.8	10.8-15.5	15.5-16	16-17.5	17.5-17.9	17.9-20.5	20.5-21	21-22.1	21-22.1
A.1377I	0-1.7	Suab	Suab	Suab	Suab	Suab	Suab	Suab	Suab	Suab	
A.1377II	0-3.5	Suab	Suab	Suab	Suab	Suab	Suab	Suab	Suab	Suab	
A.894	0-1	1.4	4.8	8-10	10-13	13-18	18-21	21-27	27-32.1	32.1-45.8	45.8-59.5
US4	0-1	3.1-107	107-12.2	12.2-18.3	18.3-23.4	23.4-25.5	25.5-27.5	27.5-31.1	31.1-45.8	45.8-59.5	59.5-117
A.97II	0-0.2	0.2-10	10-12.5	12.5-12.9	12.9-16.5	16.5-21	21-21.5	21.5-27.5	27.5-31.1	31.1-45.8	45.8-59.5
A.1377I	0-0.7	0.7-6	6-7	7-14	14-18	18-31	31-32	32-38.4	38.4-45.8	45.8-59.5	59.5-117
A.855	0-1.2	1.2-2.7	2.7-3.25	3.25-4.2	4.2-17.9	17.9-23.3	23.3-23.8	23.8-25.5	25.5-27.5	27.5-31.1	31.1-45.8
N8	0-1	1-9	9-15	15-18	18-20	20-22	22-24	24-27	27-28	28-32	32-33
US4	0-1.5	1.5-4.6	4.6-12.2	12.2-18.3	18.3-21.4	21.4-24.4	24.4-29	29-33.7	33.7-45.8	45.8-59.5	59.5-117
A.79AII	0-0.9	0.9-14	14-17.9	17.9-19.5	19.5-22	22-25.2	25.2-28	28-27	27-28	28-27	27-28
A.1329I	0-0.5	0.5-2.5	2.5-6	6-9	9-14	14-27.5	27.5-29.7	29.7-33.5	33.5-34.5	34.5-35	35-36
US4	0-2.50	2.50-9.8	9.8-19.8	19.8-24.8	24.8-25.9	25.9-27.9	27.9-29.9	29.9-31	31-32	32-33	33-34
A.97II	0-0.7	0.7-12.5	12.5-13.8	13.8-16.5	16.5-21	21-27	27-28	28-31	31-32	32-33	33-34
A.777	0-0.7	0.7-1.2	1.2-1.2	1.2-3.7	3.7-33.1	33.1-33.5	33.5-37.5	37.5-38.9	38.9-45.8	45.8-59.5	59.5-117
A.747I	0-0.2	0.2-3.5	3.5-11	11-29.5	29.5-29.6	29.6-33.6	33.6-34	34-35	35-36	36-37	37-38
A.367A	0-6	6-7	7-8	8-17	17-32	32-33	33-39	39-41	41-45	45-48	48-50
US4	0-6.1	6.1-153	153-16.8	16.8-22.9	22.9-24.4	24.4-34.1	34.1-36.6	36.6-38.1	38.1-45.8	45.8-59.5	59.5-117
A.1307II	0-1	1-2.3	2.3-2.8	2.8-2.8	2.8-3.1	3.1-34	34-41	41-42	42-47.9	47.9-50	50-51
A.1322	0-1	1-18	18-23	23-39.5	39.5-41.8	41.8-49	49-49.5	49.5-51.5	51.5-53	53-59.5	59.5-117
A.79AII	0-0.9	0.9-29.1	29.1-39.2	39.2-40	40-42.8	42.8-49.5	49.5-51.5	51.5-53	53-59.5	59.5-117	117-120
A.1241I	0-3	3-4	4-9	9-15.5	15.5-20	20-26	26-29	29-32	32-33	33-34	34-35
US3	0-3.1	3.1-107	107-12.7	12.7-16.8	16.8-23.9	23.9-29.2	29.2-31	31-32	32-33	33-34	34-35
US1	0-4.0	4-40-13.30	13.30-22.9	22.9-29	29-35	35-40	40-42	42-45	45-48	48-50	50-51
A.756	0-0.9	0.9-4.6	4.6-8.1	8.1-8.8	8.8-9.5	9.5-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
US4	0-13.7	13.7-16.8	16.8-22.9	22.9-31.1	31.1-47.7	47.7-54.9	54.9-79.3	79.3-82.4	82.4-91	91-100	100-117
A.94	0-21.4	21.4-29.5	29.5-35.2	35.2-39	39-45.4	45.4-56	56-60.5	60.5-60.5	60.5-60.5	60.5-60.5	60.5-60.5

Tabla 2 : Continuación

Código	Rango_11	Itb_11	Rango_12	Itb_12	Rango_13	Itb_13	Rango_14	Itb_14	Rango_15	Itb_15
A.838										
A.1177/1										
A.1241/3										
A.974										
USA 4	19.5-47.1	Arena fina, color marrón rojizo								
A.971/2										
A.1177/2										
A.835										
N6	12.33	Arena mediana gruesa, cuarzo fríaspartico de color rojo inhomogéneo.	13.47	Arena gruesa a gravillosa cuarzo fríaspartico de color amarillento.	47-48	Arena fina y media cuarzo y cuarzo fríaspartico.	48-52	Arena gruesa arenosa cuarzo fríaspartico de color rojo.	52-56	Arenillas azules.
USA 7										
A.794/1										
A.1125/1										
USA 2										
A.971/1										
A.777										
A.742/1										
A.381/1										
USA 6										
A.1180/2										
A.1202										
A.794/2										
A.1241/1										
USA 3										
USA 1										
A.756										
USA 5										
A.934										

Tabla 3 : Continuación

Código	Localidad	X_utm	Y_utm	Z (m)	Profundidad (m)	Cadual (m ³ /h)	N.E. (m)	N.D. (m)	Ubicación Filtros (m)
Dgua_479	Libertad	533632	6166692	32	36	10	13,71	15,25	26-32
Dgua_480	Camino Arazaí	508179,4	6172322,2	25	41	20	10	12	
Dgua_481	Kiyú	521247,5	6162744,8	28	25	23	11,4	23,5	17-21/27-29
Dgua_482	Raigón	510098,3	6184418,3	15	30	8	5		11-12/16-18
Dgua_483	Rapetti	512222,4	6187847,4	39	40	5	22	29	29-33/35-39
Dgua_484	Buschental	541430,1	6162954,6	26	42	39	17	23	15-17/25-27/29-31/33-35/38-39
Dgua_485	Ciriaco Castro	522083	6179574	56	42	5	16,2		26-30,5
Dgua_486	Zanja Onda	535830,6	6198508,4	49	61	11,7	16	36,3	19-21/22-23/25-5-26,5/48-50/50-51
Dgua_487	Costas del San José	536677	6182557	18	17	9,8	5,7	6,7	
Dgua_488	Paso del Carretón	520347,4	6197391,2	47	32	20	2,81	6,51	
Dgua_489	Puntas de Valdez	526899,8	6170342,1	37	40	40	16,9	33	
Dgua_490	Puntas de Valdez	526892,4	6170906,6	39	60	25	18,5	38	20-24 / 26-30 / 34-38
Dgua_491	Puntas de Valdez	527084	6171564	55	56	18	20	39	36-44 / 48-52
Dgua_492	Colonia Wilson	544712,3	6157367,9	17	30	40	7,3	13	11-13/14-16/20-22/24-26
Dgua_493	Orillas del Plata	538853,5	6164085,8	37	48,5	12	4		
Dgua_494	Libertad	537148,9	6168603,5	35	52	11	21,5	22,8	30-32/ 36-38/ 40-42/ 46-48
Dgua_495	Tropas Viejas	549539,7	6157042,2	13	30,6	1,5	10,4	12,17	
Dgua_500	Tropas Viejas	549681,1	6157418,2	13	32	50	8,05		
Dgua_501	Rincón del Pino	512914,1	6180319,9	24	26	50	1	12,12	7-8/ 14-17
Dgua_502	Kiyú	524689,6	6162549,2	40	55	20	28	32,5	40-42/43-45/46-48/49-51
Dgua_503	Punta del Tigre	541408,1	6154179,7	6	18	5	7,38	11	12-18
Dgua_504	Punta del Tigre	541268,3	6154253,4	5	19	10,39	5,26	10,3	
Dgua_505	Punta del Tigre	541501,1	6154329,9	6	20	14,29	5,1	7,75	
Dgua_506	Punta del Tigre	541338,9	6154335,2	5	18	11	7,64	11,68	
Dgua_507	Punta del Tigre	541397,2	6154306,1	5	18,5	11,29	8,15	10,6	
Dgua_508	Punta del Tigre	541766,6	6154459,6	5	22	12	4	10	
Dgua_509	Punta del Tigre	542029	6154500,5	4	20	14,8	5,5	10,5	
Dgua_510	Punta del Tigre	541362,4	6154517,5	5	20	16,8	5,85	11	
Dgua_511	Punta del Tigre	541583,6	6154538,9	6	18	17	8,6	12,6	
Dgua_512	Punta del Tigre	541652,8	6154639,9	6	20	15	4	8	
Dgua_513	Punta del Tigre	541440,1	6154672,9	6	24	11	4,41	6,54	
Dgua_514	Punta del Tigre	541473,4	6154667,1	6	20	12	4,5	11	
Dgua_515	Punta del Tigre	541700,1	6154666,3	6	20	16,5	7,8	11,8	
Dgua_516	Punta del Tigre	541532,9	6154813,3	6	19	11	4,31	9,29	
Dgua_517	Punta del Tigre	541532,9	6154813,3	6	19	11	4,31	9,29	
Dgua_518	Punta del Tigre	541685	6154902,6	6	21	10	3,43	12,95	
Dgua_519	Colonia Wilson	542284,8	6156753,7	9	19	3,3	1,23	6,23	
Dgua_520	Colonia Montaña	523665,2	6169475,5	30	37	20	17,2	19	25-29 / 31-35
Dgua_521	Pueblo Nuevo	550421,7	6187133,4	35	30	6	6,3	23	11,5-14,5/23-24
Dgua_522	Kiyú	525277,9	6162247,4	29	44	34	18	24	25-27/30-32/33-35
Dgua_523	Kiyú	523182,7	6162572,2	47	57	60	25,5	38	
Dgua_524	Colonia Wilson	544085,2	6159274,2	26	41,5	32	19,3	23,01	24-26,5/30-32,5/33-35,5
Dgua_525	Libertad	536881,4	6165436,8	49	46	14	12,3	25,7	
Dgua_526	Libertad	536827,3	6165515,4	41	46	13	11,5	21,3	
Dgua_527	Colonia Wilson	545239,6	6157632	13	27	34	0,7	21	11-13/14-18
Dgua_528	Kiyú	521609,2	6162185	35	56	28	23,5	31	25-27/28-30/31-33
Dgua_529	Kiyú	521528,2	6162142,1	32	52	33	26	34	30-32/36-38/40-42/43-45
Dgua_530	Puntas de Arroyo Gregorio	527979	6185214,1	32	32	14,4	12	22,46	22-26
Dgua_531	Colonia V. Pérez	517041,7	6171583,6	23	20	18	9	12	
Dgua_532	Libertad	534481,4	6167035,8	34	32	26,7	6,3	26,4	23-27
Dgua_533	Libertad	533484,2	6167247,6	36	38	24	18,7	22,8	26-22/25-26/27,5-32,5
Dgua_534	Orillas del Plata	540863,2	6165710,2	21	31	19,5	5	8,76	
Dgua_535	Costas del Tigre	534276	6174985,2	21	41	60	10,7	21,8	11,5-14/15-17/25-27/27,5-30/33-34
Dgua_536	Colonia Montaña	518998,4	6173816,3	24	22	10	10	17	
Dgua_537	Cuchilla Pereira	512420,4	6193234,1	42	35	20	10	26	
Dgua_538	Colonia Wilson	544226	6159929,4	21	36	25	11,27	24,5	
Dgua_539	Kiyú	521273,4	6161817	20	25	15	14	24	
Dgua_540	Kiyú	520097,6	6162039,2	22	25	9	14,7	19,8	
Dgua_213_bis	Colonia F. Crespo	506594	6186883	41	44	22	19	24	

Tabla 4 : Perfiles litológicos de perforaciones de Dinagua

Perfil	Fig. 1	Fig. 2	Fig. 3	Fig. 4	Fig. 5	Fig. 6	Fig. 7	Fig. 8	Fig. 9	Fig. 10
Perforación 1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
Perforación 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
Perforación 3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
Perforación 4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0
Perforación 5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0
Perforación 6	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0
Perforación 7	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0
Perforación 8	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0
Perforación 9	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0
Perforación 10	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	11.0
Perforación 11	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0
Perforación 12	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	13.0
Perforación 13	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0
Perforación 14	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0
Perforación 15	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0
Perforación 16	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0
Perforación 17	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0
Perforación 18	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	19.0
Perforación 19	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	20.0
Perforación 20	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	21.0
Perforación 21	21.1	21.2	21.3	21.4	21.5	21.6	21.7	21.8	21.9	22.0
Perforación 22	22.1	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8	22.9	23.0
Perforación 23	23.1	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8	23.9	24.0
Perforación 24	24.1	24.2	24.3	24.4	24.5	24.6	24.7	24.8	24.9	25.0
Perforación 25	25.1	25.2	25.3	25.4	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0
Perforación 26	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	27.0
Perforación 27	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9	28.0
Perforación 28	28.1	28.2	28.3	28.4	28.5	28.6	28.7	28.8	28.9	29.0
Perforación 29	29.1	29.2	29.3	29.4	29.5	29.6	29.7	29.8	29.9	30.0
Perforación 30	30.1	30.2	30.3	30.4	30.5	30.6	30.7	30.8	30.9	31.0

Tabla 6 : Perfiles litológicos de perforaciones de Prenader

Código	Rango 1	Lito 1	Rango 2	Lito 2	Rango 3	Lito 3	Rango 4	Lito 4	Rango 5	Lito 5	Rango 6	Lito 6
Pre. R. 1	0-11	Formación Libertad	11-30	Formación Raigón	30-33	Formación Camacho.						
Pre. R. 16	0-20	Formación Libertad	20-31	Formación Fray Bentos	31-33.5	Basamento Cristalino alterado						
Pre. R. 24	0-30	Formación Libertad	30-48	Formación Raigón	48-54	Formación Camacho.						
Pre. R. 30	0-14	Fm. Libertad	14-39	Fm. Raigón	39-42	Fm. Camacho (grís con conchillas)						
Pre. R. 31	0-1	suelo	1-29	sedimento arcilloso marrón.	29-35	Basamento Cristalino alterado	35-69	Basamento Cristalino.				
Pre. R. 33	0-1	suelo	1-24	sedimento arcilloso marrón	24-37	Basamento Cristalino alterado	37-54	Basamento Cristalino.				
Pre. R. 37	0-6	Formación Libertad	6-40	Formación Raigón	40-42	Formación Camacho						
Pre. R. 38	0-1	suelo	1-25	sedim.-arc-marr	25-30	sedim.-arenoso	30-37	sedim.-arc-marr	37-40	sedim.-arenoso	40-58	sedim.-arc-marr.
Pre. R. 40	0-20	Formación Libertad	20-42	sedimento arenoso	42-45	Formación Camacho						
Pre. R. 44	0-25	Formación Libertad	25-34	sedimento arenoso grueso	34-42	sedimento arcilloso						
Pre. R. 46	0-29	Formación Libertad	29-41	sedimento arenoso	41-43	Formación Camacho						
Pre. R. 53	0-22	Formación Libertad	22-38	Formación Raigón	38-39	Formación Camacho						
Pre. R. 57	0-14	Fm. Libertad	14-48	Fm. Raigón	48-60	arenas blancas						
Pre. R. 58	0-33	Formación Libertad	33-40	Formación Raigón	40-46	arenas blancas						
Pre. R. 64	0-20	Formación Libertad	20-27	arenas blancas	27-33	Formación Fray Bentos						
Pre. R. 67	0-10	Formación Raigón	10-39	arenas blancas	39-43	arcilla de Fm. Raigón	43-44	Formación Camacho				
Pre. R. 73	0-7	Formación Libertad	7-29	sedimento arenoso	29-36	sedimento arcilloso gris verdoso	36-42	sedimento arenoso rojizo				
Pre. R. 79	0-9	Formación Libertad	9-24	sedimento arenoso	24-30	Formación Camacho						
Pre. R. 80	0-12	Formación Libertad	12-17	Formación Raigón	17-33	Formación Fray Bentos						
Pre. R. 82	0-11	Formación Libertad	11-14	arena fina rojiza	14-23	arena gruesa clara	23-26	sedimento arcillo-limoso	26-30	arena gruesa blanca	30-36	arena gruesa gravilosa
Pre. R. 83	0-13	Formación Libertad	13-20	arcilla gris	20-42	sedimento arenoso grueso	42-45	Formación Camacho				
Pre. R. 88	0-12	Formación Libertad	12-32	sedimento arenoso	32-36	arena gruesa, tosca						
Pre. R. 89	0-12	Formación Libertad	12-20	sedimento arenoso rojizo	20-33	sedimento arenoso claro	33-36	sedimento arcilloso verdoso				
Pre. R. 90	0-15	Formación Raigón	15-22	arenas blancas	22-35	Formación Fray Bentos						
Pre. R. 92	0-9	arcilla	9-15	sedimento arenoso blanco	15-22	arcilla	22-33	sedimento arenoso rojizo	33-36	Formación Fray Bentos		
Pre. R. 95	0-7	Formación Libertad	7-18	sedimento arenoso rojizo	18-26	Formación Fray Bentos	26-30	arcilla	30-42	sedimento arenoso	42-45	sedimento arcilloso
Pre. R. 102	0-16	Formación Libertad	16-37	Formación Raigón	37-38	Formación Fray Bentos						
Pre. R. 113	0-14	Formación Libertad	14-20	sedimento arenoso	20-25	sedimento arcilloso	25-42	arena gruesa rojiza				
Pre. R. 119	0-4	Fm. Dolores	4-31	Fm. Raigón	31-34	Fm. Camacho (2m. De arenisca y juego 2m. De arcilla negra)						
Pre. R. 130	0-2	Suelo franco limoso	2-12	Formación Libertad	12-16	Areniscas finas a medias	16-26	Formación Camacho				
Pre. R. 137	0-8	Fm. Libertad	8-35	Fm. Raigón	35-40	Fm. Camacho						
Pre. R. 140	0-1	Suelo	1-24	sedimento arcilloso marrón.								
Pre. R. 144	0-1	suelo	1-9	sedim-arc-marr	9-16	sedim-arenoso	16-26	sedim-arc-marr.				
Pre. R. 145	0-4	Fm. Dolores	4-21	Fm. Raigón	21-24	Fm. Camacho						
Pre. R. 148	0-3	Fm. Dolores	3-24	Fm. Raigón	24-28	Fm. Camacho						
Pre. R. 151	0-1	suelo	1-13	Fm. Libertad	13-19	aren-F	19-23	Fm. Raigón arc	23-37	Fm. Raigón aren	37-42	Fm. Camacho (c/ conchilla).
Pre. R. 153	0-7	f.m. Libertad	7-35.5	Fm. Raigón	35.5-39	Fm. Camacho.						
Pre. R. 158	0-2	Suelo franco limoso	2-6	Formación Libertad	6-24	Areniscas finas a medias	24-27	Formación Camacho				
Pre. R. 164	0-1	Suelo	1-8	sedim-arc-marr.	8-10	sedim-aren	10-15	sedim-arc-marr	15-23	sedim-aren	23-32	sedim-arc-marr.
Pre. R. 172	0-2	suelo	2-10	sedimento arcilloso marrón	10-20	sedimento arenoso	20-28	sedimento arcilloso marrón				
Pre. R. 184	0-3	Fm. Dolores	3-14	Fm. Raigón	14-36	Fm. Camacho	36-48	Fm. Fray Bentos	48-			
Pre. R. 189	0-5	Arcilla rosada	5-11	Arenas medias y finas	11-14	Arcilla negra	14-30	Arcilla verde	30-32.5	Arcilla verde con fósiles		Todo el perfil. Formación Raigón.

Tabla 6 : Continuación

Código	Rango_1	Lito_1	Rango_2	Lito_2	Rango_3	Lito_3	Rango_4	Lito_4	Rango_5	Lito_5	Rango_6	Lito_6	Rango_7	Lito_7
Pre_R_118	0-10	Libertad	10-15	Raigón arenoso grueso, blanco	15-18	Raigón arenoso-arcilloso grisáceo	18-20	Raigón arenoso c/ algo de arcilla, grisáceo	20-23	Raigón arcilloso gris	23-24,5	Raigón arena media grisácea	24,5-32	Raigón arenosa superfina, rosácea tipo Fray Bentos
Pre_R_20	0-9	Libertad	9-12	arenoso medio a grueso a grueso en último metro	12-13	arcilloso verdoso	13-14	arenoso medio a grueso	14-16	niveles gruesos con arcilla	16-22	arcilloso verdoso	22-36	arenoso superfino gris verdoso
Pre_R_55	0-1	suelo	1-12	arc-algo aren-mar.	12-20	arenFAM bien select. beige	20-21	aren-FaC-beige	21-24	arc-muy aren	24-26	aren-FaM(Qz-fel)	26-29	aren-MaG beige
Pre_R_59	0-5	Formación Libertad	5-11	sedimento arcilloso gris	11-12	sedimento arenoso	12-14	sedimento arcilloso gris	14-20	sedimento arenoso grueso	20-21	arcilla gris	21-25	sedimento arenoso
Pre_R_78	0-36	Arcilla amarilla	36-40	Arena gruesa amarilla	40-42	Arcilla	42-44	Arena blanca fina	44-46	Arcilla blanca	46-48	Arena blanca fina	48-54	Arcilla
Pre_R_99	0-3	Formación Libertad	3-6	sedimento arenoso	6-12	sedimento arcilloso	12-13	sedimento arenoso	13-20	sedimento arcilloso	20-22	sedimento arenoso	22-23	sedimento arcilloso
Pre_R_105	0-1	suelo	1-11	sedim-arc-mar	11-13	sedim-aren	13-16	sedim-arc-mar	16-18	sedim-aren-arc	18-22	sedim-arc-mar	22-24	sedim-aren
Pre_R_124	0-1	suelo	1-8	sedim-arc-mar	8-10	sedim-aren	10-31	sedim-arc-mar	31-34	sedim-aren	34-36	sedim-arc-mar.	36-38	sedim-aren
Pre_R_128	0-1	suelo	1-8	sedim-arc-mar	8-13	sedim-aren	13-15	sedim-arc-mar	15-18	sedim-arc-mar	18-31	sedim-arc-mar	31-34	sedim-arc
Pre_R_133	0-1	Suelo negro	1-4	Arcilla pardo oscura	4-7	Arcilla oscura con carbonatos	7-9	Arcilla marrón	9-11	Arena algo arcillosa	11-15	Arena arcillosa gris	15-17	Arena media
Pre_R_147	0-1	suelo	1-12	sedim-arc-mar	12-14	sedim-aren	14-16	sedim-arc-mar	16-21	sedim-aren	21-26	sedim-arc-mar	26-29	sedim-aren
Pre_R_157	0-4	Arcilla marrón	4-7	Arenas medias a finas	7-13	Arcilla blanca	13-15	Arenas medias a finas	15-16	Arcilla	16-18	Arenas medias	18-24	Arcilla con arena gruesa
Pre_R_166	0-1	suelo	1-10	arcilla-mar	10-17	arena-M	17-28	arena-M a grava	28-31	arcilla-ore c/ arena	31-38	arena-M a G	38-39	arena-G
Pre_R_176	0-1	arcilla parda amarillada	1-4	arena gruesa	4-12	arena media a gruesa con gravilla	12-22	arcilla blanca con elastos de arena	22-27	arcilla gris arenosa	27-30	gravilla polimicta rosada con matriz arcillosa	30-33	conglomerado limpio
Pre_R_190	0-2	Arcilla rosada	2-4	Arena y arcilla	4-10	Arena media a fina	10-32	Arcilla gris	32-36	Arena media a gruesa uniforme	36-40	Arena y arcilla	40-44	Arcilla marrón (Formación Fray Bentos)
Pre_R_194	0-2	suelo	2-3	aren-arc	3-7	sedim-arc	7-10	grava	10-12	aren-G	12-17	sedim-arc	17-19	grava

Código	Rango_8	Lito_8	Rango_9	Lito_9	Rango_10	Lito_10	Rango_11	Lito_11	Rango_12	Lito_12	Rango_13	Lito_13	Rango_14	Lito_14
Pre_R_118	32-36	Arenisca verdosa superfina, ¿Camacho?	36-40	Arcilla gris verdosa, ¿Camacho?										
Pre_R_20	36-37	arcilloso, Camacho												
Pre_R_55	29-45	arc-ilm-mar.												
Pre_R_59	25-28	arcilla	28-31	sedimento arenoso rojizo	31-33	sedimento arcilloso	33-36	arena fina	36-40	Formación Camacho				
Pre_R_78														
Pre_R_99	23-36	Formación Fray Bentos												
Pre_R_105	24-28	sedim-arena-arc	28-33	sedim-arc-mar.										
Pre_R_124	38-39	sedim-arc-mar	39-41	sedim-aren										
Pre_R_128	34-36	sedim-arc-mar	36-40	sedim-aren.										
Pre_R_133	17-18	Arena media a gruesa	18-19	Arena fina a media	19-20	Arena media	20-23	Arena algo arcillosa gris	23-24	Arena media	24-25	Arena fina a media	25-27	Basamento cristalino alterado
Pre_R_147	39-38	sedim-arc-mar.												
Pre_R_157	24-24	Arcilla blanca												
Pre_R_166	39-41	arena-G a grava	41-43	arena-M	43-46	arena-G a grava	46-50	limo-arcilla-rosa.						
Pre_R_176	33-37	arcilla gris muy dura												
Pre_R_190	19-22	aren-arc	22-23	aren-G	23-26	aren-arc.								

Tabla 8 : Perfiles litológicos de perforaciones de OSE

Código	Rango_1	Lito_1	Rango_2	Lito_2	Rango_3	Lito_3	Rango_4	Lito_4	Rango_5	Lito_5	Rango_6	Lito_6	Rango_7	Lito_7	Rango_8	Lito_8
80.3.011	0-5	limpida arena	0-8	limpida arena	0-10	Gravilla	10-12	Gravilla arcillosa	12-13	Arena gruesa	13-14	arena arcillosa	14-15	Gravilla con arena	15-16	Arena
81.1.001	0-1m	Suelo	0-3m	Arena gruesa	3-5m	Arena media y gruesa	5-8m	Grava arenosa	8-13.6m	Arena media	14-17m	Acuña arena marón	17-30m	Grava arena	30-33m	Acuña beige
80.3.025	0-4	Limo arenoso marón	4-6	Arena fina arcillosa	6-10	Arena fina limosa	10-12	Grava fina	12-23	Grava con arena media	23-25	Arena muy gruesa	25-27	Grava media	27-28	Arena muy gruesa
80.3.029	0-2	Suelo mar de color	2-12	Limo arcilloso color beige con carbonato de calcio	12-13	Acuña limosa color pardo	13-15	Limo arcilloso color marón claro con carbonato de calcio	15-16	Limo color beige con carbonato de calcio	16-18	Acuña limosa color gris oscuro	18-21	Limo arcilloso color beige, m. al seleccionarlo	21-23	Limo arenoso marón pardo
80.3.030	0-5	Acuña	5-7	Acuña marón	7-9	Acuña limosa color pardo	9-12	Acuña	12-16	Limo arcilloso marón con carbonato	16-18	Acuña limosa gris pardo	18-21	Arena gruesa	21-28	Acuña limosa
80.3.031	0-9	Acuña limosa	9-12	Acuña arena	12-16	Limo arcilloso	16-21	Arena media gruesa	21-26	Limo arcillosos	26-28	Arena gruesa	28-30	Gravilla	30-39	Limo arcillosos con carbonato
80.3.032	0-6	Acuña	6-9	Acuña limosa marón	9-12	Acuña limosa marón	12-16	Acuña limosa arena marón	16-21	Arena media gruesa	21-26	Limo arcilloso	26-28	Arena gruesa	28-30	Gravilla
80.3.033	0-2	Suelo orgánico	2-5	Acuña limosa marón con arena gruesa	5-10	Arena gruesa cuarzo feldespática con arena gruesa color gris	10-12	Arena gruesa cuarzo feldespática color gris blanqueado	12-13	Arena media cuarzo feldespática, cistos sub redondeados a sub angulosos, cistos redondeados a sub angulosos, cistos redondeados a sub angulosos	13-16	Arena gruesa cuarzo feldespática, cistos sub redondeados a sub angulosos, cistos sub redondeados a sub angulosos	16-17	Arena gruesa cuarzo feldespática, cistos sub redondeados a sub angulosos, cistos sub redondeados a sub angulosos	17-20	Arena media a gruesa cuarzo feldespática, cistos sub redondeados a sub angulosos, cistos sub redondeados a sub angulosos
80.3.019	0-12	Lodolita f. Libertad	12-14	Acuña de color gris fm Raigón	14-20	Arena fina y muy fina cuarzos color gris blanqueado	20-22	Arena gruesa, cuarzo feldespática, color gris blanqueado	22-29	Arena gruesa y muy gruesa, cuarzo feldespática, color gris blanqueado	29-32	Acuña de color gris fm Raigón	32-36	Arena gruesa y muy gruesa, cuarzo feldespática, color gris blanqueado	36-41	Arena gruesa y muy gruesa, cuarzo feldespática, color marón claro
80.3.021	0-2	Suelo	2-11	Limo arcilloso arenoso marón claro	11-15	Acuña arenosa	15-17	Arena arcillosa arenosa	17-18	Arena limosa arcillosa	18-24	Gravilla	24-27	Gravilla arcillosa	27-33	Gravilla
80.3.012	0-1	Limo poco arenoso	1-7	Limo beige claro	7-8	Limo marón claro fm Libertad	8-9	Limo arcilloso con cantos calcáreos	9-12	Limo arcilloso beige claro fm Libertad	12-13	Arena arcillosa	13-14	Gravilla arenosa (fase principal)	14-15	Limo arcilloso beige claro fm Libertad
80.3.015	0-2	Suelo	2-12.50	Limo pardo fm Libertad	12.50-22	Arena fm Raigón	22-25	Arenagrua con arcilla	25-28	Arena arcillosa	28-32.50	Arena poco arcillosa	32.50-33.50	Arena arcillosa pardo verdosa	33.50-43	Acuña verdosa con arena y caliche disperso
80.2.029A	0-2	Suelo	2-7	Arena cuarzo	7-10	Limo marón	10-12	Arenagrua	12-16	Arena limosa	16-19	Arena blanca	19-20	Arena fina	20-29	Grava
80.3.001	0-3	Suelo	3-4	Arena Gravelosa	4-8	Arena fina arcillosa	8-10	Acuña arena, oblata	10-13	Arena media arcillosa	13-20	Arena media a gruesa arcillosa	20-21	Arenagrua	21-22	Arena gruesa arcillosa
80.3.020	0-1	Suelo	1-6	Limo pardo arenoso	6-13	Acuña arenosa	13-16	Arena fina arcillosa	16-18	Acuña con arena fina	18-21	Arenagrua con gravilla	21-23	Arenagrua con gravilla	23-26	Arenagrua con gravilla
80.2.003	0-17	Limo arcilloso (libertad)	17-19	Acuña arena	19-33	Limo media gruesa	33-36	Limo arcilloso	36-39	Arenagrua a arena media	39-43	Acuña marón	43-45	Arenagrua	45-46.6	Gravilla marón

Código	Rango_9	Lito_9	Rango_10	Lito_10	Rango_11	Lito_11	Rango_12	Lito_12	Rango_13	Lito_13	Rango_14	Lito_14	Rango_15	Lito_15	Rango_16	Lito_16
80.3.011	16-19	Arena media a fina	19-21	Arena fina	21-25	Gravilla y cristales de azufre	25-50	Granuloso								
81.1.001	28-29	Grava arena	29-32	Arena media y fina con arcilla y cistos granuloso de gr ambiente	32-35	Limo marón plab.										
80.3.029	27-28	Limo arcilloso marón pardo con arena fina	28-29	Limo arenoso marón pardo	29-32	Arena media y fina con arcilla y cistos granuloso de gr ambiente	32-35	Limo marón plab.								
80.3.030	28-32	Arena media y gruesa con gravilla	32-37	Acuña con arena	37-40	Acuña con arena										
80.3.001	37-42	Acuña														
80.3.002	38-40	Limo arcilloso con carbonato	40-44	Limo arcilloso con concreciones	44-45	Limo con gravilla	45-46	Gravilla fina arcillosa	46-47	Limo con gravilla	47-48	Gravilla arcillosa	48-52	Acuña y limo con arena	52-53	Limo con concretillas (Cancha)
80.3.003	40-21	Arena gruesa cuarzo feldespática, cistos sub redondeados a sub angulosos, cistos sub redondeados a sub angulosos	21-25	Arena gruesa a clastos de hasta 1/4 cm, cuarzo feldespático, m. al seleccionarlo, cistos sub redondeados a sub angulosos, cistos sub redondeados a sub angulosos	25-27	Arena gruesa y muy gruesa, cuarzo feldespático, color marón claro, con abundante arena fina	27-29	Arenagrua con arena media y gruesa, cuarzo feldespático, cistos sub redondeados a sub angulosos, cistos sub redondeados a sub angulosos	29-33	Arenagrua con arena media y gruesa, cuarzo feldespático, cistos sub redondeados a sub angulosos, cistos sub redondeados a sub angulosos	33-36	Arenagrua con arena media y gruesa, cuarzo feldespático, cistos sub redondeados a sub angulosos, cistos sub redondeados a sub angulosos	36-37	Acuña en vetas compactadas con algo de arena fina		
80.3.019	41-44	Arenagrua con arena media y gruesa, cuarzo feldespático, color marón claro, con abundante arena fina	44-48	Acuña arena fina color gris verdoso												
80.3.021	33-37	Arena gravelosa	37-43	Gravilla	43-49	Acuña gravilosa a gravilla arcillosa	48-52	Acuña gris								
80.3.012	15-16	Acuña con concreciones	16-20	Acuña con concreciones	20-21	Gravilla muy arcillosa	21-24	Arena muy arcillosa con cantos	24-31	Acuña limosa	31-41	Acuña arena con cantos	41-42	Acuña conglomerática		
80.3.015	42-44	Acuña arenosa plástica	44-45.50	Limo arcilloso mar de color	45.50-48	Acuña arenosa claro										
80.2.029A	38-24	Acuña marón con cistos de cuarzo														
80.3.001	28-28	Limo arenoso (f. de Raigón)														
80.3.020	28-28	Arena gruesa														
80.2.003																

Tabla 8 : Continuación

Código	Rango_1	Lito_1	Rango_2	Lito_2	Rango_3	Lito_3	Rango_4	Lito_4	Rango_5	Lito_5	Rango_6	Lito_6	Rango_7	Lito_7
902.007	0-2	limo pardo	2-4	Arena arcillosa	4-22	Arcilla calcárea, con arena	22-28	Arena gruesa y gravilla con arcilla	28-33	Arcilla con gravilla				
891.004	0-6	Arcilla	17-18	Arena	17-18	Arena media a gruesa	18-22	Arcilla	22-27	Fragmentos líticos	27-37	Arcilla muy compacta		
971.004	0-10m	Fm. Raigón	10-29m											
971.005	0-10	Arcilla	10-18	Arcilla	18-45	Arcilla								
971.007	0-1.5	Arcilla rosada	1.5-3	Arcilla rosada	3-7.5	Arcilla	7.5-15.2	Arcilla	22.8-28.9	Cantos y grava	28.9-67	Arcilla rosa		
971.008	0 a 7 m	Arcilla	7 a 19 m	Arcilla	19 a 28	Arcilla								
971.009	0-21 m	Arcilla	21-24m	Raigón										
971.011	0-1m	Suelo	1-3m	limo	3-10m	arena fina	10-21m	Arcilla	21-23m	Arena fina	23-25m	Arena gruesa	25-30m	
971.012	0-1m	Suelo	1-6m	Arcilla	6-14m	Arcilla	14-21m	Arcilla	21-27 m	Arcilla	27-30m	Arcilla		
971.013	0-2	Suelo arcilloso	2-16	Arena media limosa	16-27	Arena media a gruesa	27-35	Arcilla	35-42	Arcilla	42-50	Arcilla		
971.015	0-5	arcilla	5-6	arena	6-10	arcilla	10-24	arena	24-27	arcilla	27-35	arena arcillosa	35-38	Fm Bentos
971.016	0-2m	Suelo arcilloso	2-9m	Arena fina	9-16m	limo arcilloso	16-18m	arena fina	18-24m	Arcilla arcillosa	24-27m	Arena media a gruesa	27-35m	Arcilla
971.023	0-2m	Suelo arcilloso	2-6m	Arena arcillosa marrón	6-18m	limo gris algo arenoso	18-23m	Arena limosa	23-28m	Conglomerado medio, algo arcilloso	28-30m	Arcilla arenosa.		
971.024	0-8	Dobres	8-38	Chuy										
971.025	0-2m	Suelo	2-6m	Fm Libertad	6-9m	Arena gravillosa limpia	9-25m	Arcilla gris verdosa con cantos	25-33m	Arena fina amarillenta	33-39m	Fm Fray Bentos		
971.026	0-1	Suelo	1-6	Sedimento arcilla-arenoso marrón	6-12	Arena arcillosa limpia	12-18	Arcilla gris con cantos	18-24	Arcilla marrón claro	24-31	Arena fina a media, limpia, blanca amarillenta	31-39	Fm Fray Bentos
903.010	0-1	Suelo	1-37	limo arcilloso	37-53	Gravilla gruesa	53-55	Arcilla						
904.001	0-7	Arcilla	7-9	Arcilla arenosa	9-14	Arena fina a gruesa	14-16	Arcilla con gravilla	16-30	Arcilla				
891.005	0-2	suelo	2-6	Arena arcilla	6-10	Arena gruesa a conglomerádica	10-20	Arena media gruesa	20-34	Arena y grava	34-40	arena fina y limo arenosos, marrón		
903.018	0-27	Sedimentos	27-32	arcilla	32-40	Sedimentos								
903.022	0-1	Suelo	1-15	Arena fina	15-22	Arena gris media	22-28	Arena tipo Raigón	28-30	Arcilla	30-35	Arena		
903.028	0-13	Peliza con arena dispersa	13-21	Arcilla media a gruesa	21-23	Arena media	23-23	Beiba						
903.004A	0-207	Arcilla gris	207-232	Arcilla	232-256.5	Arcilla								
903.012	0-2	Suelo	2-24	Arcilla limosa	24-38	Arena gruesa a gravillosa	38-52	Arena arcillosa gris	52-60	Arcilla verdosa con concillias.				
903.023	0-31	Arcilla	31-42	Raigón	42-46	Arcilla								
903.002	0-20	Fm. Libertad	20-40	Raigón										
903.001	0-17	Fm. Libertad	17-37.7	Raigón										
903.002	0-16	Löss	16-19	Arena gruesa	19-31	Arena mal seleccionada	31-37.5	Arena gruesa con arcilla						
903.004	0-13	Arcilla	13-17	Arena con gravilla	17-20	Arena gruesa con gravilla	20-27	Arena arcillosa	27-32.4	Arena con arcilla verde				
903.005	0-19	Fm. Libertad	19-21	Arena	21-32	Arena gravillosa	32-34	Arcilla						
903.008	0-2	Suelo arcilloso	2-12	Conglomerado grueso	12-21.50	Arcilla	21.50-34	Arena gruesa	34-35.70	Arcilla arenosa				
903.009	0-40	Sedimentos (indiferenciados)												
903.017	0-17	Fm. Libertad	17-53.80	Fm. Raigón	53.80-54	Fm. Comacho								
891.002	0-8	Fm. Libertad	8-25	Raigón	25-30.5	Fm. F. Bentos								
902.008	0-6	limos y arcillas (libertad)	6-18	Arcilla beige (Raigón)	18-25	arena y grava con arcilla	25-27	arcilla	27-31	arcilla-arena	31-33	Basamento		
903.003	0-30	Arcilla arenosa pura	30-38	Arena arcillosa	38-41	Arcilla arenosa								
902.001	0-8	Libertad	8-40	Raigón										
902.004	0-13	Arcilla arenosa	13-15	Arena gruesa	15-22	Arcilla								
891.006	0-2	suelo	2-4	Arena limosa	4-5	Arena fina	5-11	arcilla marrón claro	11-20	arena media a gruesa	20-30	Arcilla marrón claro		
823.005	0-25	limo arcilloso	25-45	Arena arcillosa	45-58	arcilla								
823.009	0-35	limo arcilla	35-45	arena arcillosa	45-48	arcilla								
902.010	0-4	Arcilla arenosa	4-9	arena media a gruesa arcillosa	9-21	arcilla arena fina	21-27	arena y gravilla con arcilla	27-36	Gravilla				

Tabla 9 : Datos hidráulicos de perforaciones de Consulatoria Carballo-INYPSA

Código	Tipo Pozo	Propietario	Ubicación	Paraje	X_utm	Y_utm	Z (m)	Profundidad (m)	Caudal (m³/h)	N.E. (m)	Díámetro Boca
INP 5	M	Barbe	Las Rejas	Juan Soler	518.057	6.200.548	78	21	21	15	1050
INP 6	P	García Britos	Caminó que sale a R.11.	Juan Soler	517.469	6.199.125	70	19	19	9	100
INP 7	P	Rene Febre	Con. J. Soler a R.1	Paso del Carretón	516.989	6.197.176	62	21	21	6	100
INP 8	E	Gonzales	Con. A. Paso del Carretón frente a escuela	Paso del Carretón	515.648	6.197.247	63	15	15	0	7
INP 9	E	Eugenio Acosta	Con. A. Paso del Carretón	Paso del Carretón	514.692	6.196.659	47	33	33	1	10
INP 10	E	Esteban Pérez Pérez	Caminó a par del Carretón	P del Carretón	512.824	6.194.983	54	23,60	23,60	1,0	13,60
INP 11	P	Jorge Vega	Caminó al par del Carretón	Gañada Lema	506.054	6.190.564	26	45,30	45,30	1,0	3,71
INP 12	E	Sulpicio Fabre	Caminó a Arazatí	Arazatí	498.892	6.183.452	13	8,10	8,10	0,0	7,20
INP 13	P	Mi Grana	Caminó a Arazatí	Arazatí	504.913	6.184.945	31	60,00	60,00	3,0	17,33
INP 14	P	Aragaveyvia	Tambo en el camino a Arazatí	Arazatí	503.901	6.186.192	40	27,20	27,20	2,9	17,33
INP 15	E	Juan Ángel Fabre	Km.87.800 de Ruta 1	Pavón	506.515	6.188.997	36	33,80	33,80	1,0	11,15
INP 16	E	Fernández	Ruta 1, km. 76	Rincón del Pino	514.559	6.181.267	27	12,62	12,62	1,0	2,12
INP 17	E	P. Raetti	4 Km al SW de ruta Nro.1	Rincón del Pino	514.125	6.180.418	28	13,30	13,30	1,0	12,78
INP 19	E	A. Mascio	Caminó a Rincón del Pino Km. 6	Rincón del Pino	512.112	6.179.687	31	14,10	14,10	1,5	12,00
INP 20	E	Luis Brunet	Caminó a Rincón del Pino 6.178.019	Rincón del Pino	510.224	6.178.019	38	18,00	18,00	1,5	13,80
INP 21	E	Mi Brunet	Caminó a Rincón del Pino 6.179.247	Rincón del Pino	497.291	6.179.247	29	22,20	22,20	1,0	18,47
INP 22	E	Luis Berniel	Caminó a Rincón del Pino	Costas del Pereyva	503.387	6.177.098	25	17,00	17,00	1,0	14,40
INP 23	E	Regusci y Voulimnot	Caminó a Arazatí casa en la costa	Arazatí	502.066	6.174.922	10	8,80	8,80	1,0	6,91
INP 24	E	Voulimnot	Aserradero	Arazatí	500.929	6.175.294	12	12,40	12,40	1,0	11,41
INP 25	E	Suc.S.Rodríguez	Km.90 carretera a Arazatí	Arazatí	505.374	6.173.780	20	10,10	10,10	1,0	6,90
INP 26	E	Daniel Sellanes	Km. 84 del camino a Arazatí	Rincón del Pino	509.885	6.172.165	40	23,20	23,20	1,0	18,23
INP 27	P	Callero Hinos	Entrando al W en el km. 86 del camino a Kiyú	C. San Miguel	511.045	6.173.883	40	22,80	22,80	2,00	15,95
INP 28	P	Francisco Mascó	Caminó del Pereyva a Arazatí	Rincón del Pino	514.663	6.174.224	46	33,30	33,30	5,0	18,82
INP 29	P	Oscar Travieso	Caminó Pastorno	Rincón del Pino	515.180	6.171.559	29	19,53	19,53	10,0	8,33
INP 32	P	Raúl Otonello	Caminó a Paraza	Rincón del Pino	514.251	6.172.175	32	22,00	22,00	45,0	0,00
INP 36	E	Morfil S.A.	Caminó a Arazatí	Rincón del Pino	516.884	6.175.042	34	18,60	18,60	1,0	8,30
INP 39	E	A. Calleros	Ruta 1, km. 74	Rincón del Pino	517.148	6.180.437	27	5,90	5,90	0,5	2,67
INP 40	P	O. Guerra	Parador R. del Pino	Rincón del Pino	515.034	6.182.115	34	15,00	15,00	1,0	11,58
INP 41	P	V. Klaxsen	Ruta 1, km. 78	Rincón del Pino	514.284	6.183.369	29	30,00	30,00	8,0	12,00
INP 44	P	Carlos Raparati	Ruta 1, km. 81	Rincón del Pino	512.029	6.185.208	13	5,37	5,37	2,5	1,97
INP 45	P	Juan Rolando Fabre	Km. 84.500 de Ruta 1	Pereyva	508.230	6.187.034	35	40,00	40,00	3,00	3,35
INP 43	E	Escuela 91	Km.84.800 de Ruta 1	Pereyva	508.359	6.187.101	45	40,20	40,20	2,0	19,52
INP 44	E	J. Fabre	Colonia Fernández Crespo	Colonia F. Crespo	506.430	6.185.593	30	21,00	21,00	1,0	16,92
INP 45	P	J. Fabre	8 kms. por Cno. al NE del Km 85 de ruta 1	Costas del Pereira	514.739	6.192.260	43	30,00	30,00	1,0	11,79
INP 47	M	Javier Macchi	Cno. Vecinal	Tala de Corrales	523.296	6.196.105	49	13,30	13,30	1,0	5,63
INP 50	P	J.A. Benancor	8 kms. al W del Km 78 de la ruta Nro. 3	Tala de Pereira	516.936	6.187.886	24	5,50	5,50	1,0	3,05
INP 51	P	Escuela Nro. 82	2 kms. por Cno. que sale de km 78 de ruta 3	Tala de Pereira	518.440	6.188.218	45	20,00	20,00	3,0	0,00
INP 52	E	W. Díaz	1 Km. por Cno. que sale del km 78 de ruta 3	Costas del Tala	522.159	6.182.379	49	15,23	15,23	1,0	14,17
INP 53	P	L. Fernández	4 kms. por Cno. que sale de km. 78 de ruta 3	Tala de Pereira	519.084	6.187.871	32	21,00	21,00	3,0	5,16
INP 54	E	N. Benancor	Caminó de la Costa	Gañada Grande	527.086	6.191.059	43	21,20	21,20	2,0	18,36
INP 55	E	N. Pérez	Caminó de la Costa	Gañada Grande	529.274	6.185.179	30	15,80	15,80	0,0	14,25
INP 56	E	N. Pérez	Cno. de la Costa	Gañada Grande	532.660	6.180.520	22	16,30	16,30	0,0	10,08
INP 57	P	A. Isaac	Ruta 45 y Cno. de la Costa	Colonia Italia	530.231	6.184.208	22	32,37	32,37	3,0	8,92
INP 58	E	C. Pérez	2 kms. al NW del Km. 8 de la ruta Nro. 45	Puntas del Gregorio	537.301	6.177.199	16	12,60	12,60	1,0	11,35
INP 59	E	D. A. Pérez	Km.73.500 de ruta 3 por Cno. Vecinal	Puntas del Gregorio	535.482	6.176.002	20	15,00	15,00	3,6	3,95
INP 62	E	M. Estache	Cno. que sale de km. 73 de ruta 3 al SE	Chiraco Castro	522.888	6.182.205	47	17,00	17,00	0,0	14,98
INP 63	E	W. Viera	Cno. Vecinal que sale de radiales L1 y 3	Rodal	524.009	6.181.213	46	16,38	16,38	0,0	15,10
INP 66	E	R. Acuña	Cno. Vecinal que sale de radial ruta 1 y 3	Costas del Saucedo	522.961	6.177.569	48	20,80	20,80	1,0	17,21
INP 68	E	R. Acuña	Cno. Vecinal que sale de km. 78 de ruta 3	Costas del Saucedo	526.862	6.181.971	22	11,20	11,20	1,0	7,40
INP 70	E	O. Guerra	Al Norte del A. Valdez	Puntas de Valdez	530.929	6.176.805	43	20,20	20,20	2,0	18,10
INP 71	P	L. Mtro	Cno. que va a Cno. de la Costa	Sauce Chico	533.616	6.178.292	22	10,80	10,80	1,0	9,12
INP 72	P	L. Mtro	Sauce Chico	Sauce Chico	528.866	6.182.397	17	30,00	30,00	35,0	0,00
INP 73	P	L. Mtro	Recría Comercial, Porrero 43	Sauce Chico	527.587	6.179.933	40	35,00	35,00	7,0	0,00
INP 74	P	L. Mtro	Cno a Valdez al S	Sauce Chico	528.019	6.179.775	42	35,00	35,00	9,0	16,95
INP 75	E	de Colonización	Km.88 de la carretera a Kiyú	Sauce Chico	528.123	6.176.728	32	25,00	25,00	15,0	5,47
INP 76	E	Nestor Cabrera	Colonia Alonso Montaña	Col. A. Montaña	522.887	6.171.330	19	4,52	4,52	0,0	2,73
INP 77	E	Nelson Brito	Cno. 88 de la carretera a Kiyú	Costas San Gregorio	523.186	6.167.684	31	15,40	15,40	0,5	14,19
INP 78	E	Rodríguez	Colonia Cambell	Colonia Cambell	526.570	6.167.082	38	20,85	20,85	1,0	19,92
INP 79	E	Alberto Cabrera	Desembocadura del San Gregorio en la playa Kiyú	Costas San Gregorio	516.254	6.162.514	9	7,90	7,90	1,0	6,73
INP 80	E	José María Placeres	A 2 kms. de la carretera de entrada a Kiyú	Kiyú	523.217	6.166.389	46	38,00	38,00	0,0	35,74
INP 81	E	Leonel Bauzá	Costas del Mauroico	Costas del Mauroico	531.435	6.162.569	16	7,90	7,90	1,0	5,60
INP 82	E	Nestor García	Atrás del Penal	Costas del Mauroico	531.435	6.163.074	22	9,20	9,20	0,0	6,75
INP 83	E	J.M. Paz	Al SW de Libertad cerca del Penal	Costas del Tigre	533.208	6.165.657	33	16,00	16,00	0,0	15,50
INP 84	E	H. Valverde	Al W de Cno. del Medio	Rincón de la Torre	534.387	6.192.777	30	11,20	11,20	1,0	7,64
INP 85	E	H. Valverde	Cno. a R. de la Torre y W del A. Cagancha	Rincón de la Torre	536.729	6.192.199	32	11,48	11,48	2,0	6,22
INP 86	E	C. Peña	Cno. a R. de la Torre y W del A. Cagancha	Rincón de la Torre	537.153	6.190.445	35	14,60	14,60	1,5	10,48
INP 87	E	Esc. Nro.12	Cno. del Medio	Rincón de la Torre	534.119	6.187.033	20	5,75	5,75	0,5	2,90
INP 88	P	De Vida	Cno. del Medio	Rincón de la Torre	535.357	6.186.068	29	12,48	12,48	0,0	10,88
INP 88	P	De Vida	Cno. del Medio	Rincón de la Torre	535.103	6.185.957	25	42,80	42,80	0,0	7,80

Tabla 9 : Continuación

Código	Tipo Pozo	Propietario	Ubicación	Pareaje	X_utm	Y_utm	Z (m)	Profundidad (m)	Caudal (m ³ /h)	N.E. (m)	Diámetro Boca
INP 89	E	Tortorolo	Cno. del Medio	Rincón de la Torre	537.697	6.185.293	18	5.70	1.0	2.37	1000
INP 90	E	O. Dominguez	Cno. del Medio	Rincón de la Torre	537.899	6.180.835	20	15.77	1.0	12.66	800
INP 92	E	L. Masolenti	Ruta 45, km. 80	Rincón de Albano	541.715	6.191.141	35	9.80	1.5	5.23	700
INP 93	E	M. Acosta	Ruta 45, km. 74.400	Rincón de Albano	541.200	6.185.649	32	9.24	1.5	6.06	1000
INP 94	E	O. Peirdomo	Ruta 45, km. 75	Rincón de Albano	539.410	6.186.470	30	8.30	1.0	6.60	700
INP 95	E	Rodríguez	Cno. 59.500 de Ruta 45	Col. Italia	536.031	6.162.819	24	9.00	0.0	4.30	800
INP 96	E	Adrián Bravo	Camino que sale de Ruta 45 a Col. Italia	Col. Italia	533.092	6.172.500	31	10.70	0.0	5.05	800
INP 97	E	Emilio Boix Vilaró	Camino a Buschental	Buschental	541.288	6.171.587	19	11.30	3.0	10.27	900
INP 99	E	Escuela 41	Camino a Buschental	Buschental	540.475	6.170.944	23	20.50	0.0	10.80	100
INP 100	P	Cervetto	Libertad	Libertad	538.612	6.166.620	30	0.00	0.0	12.50	1000
INP 101	E	Bidegain	Libertad	Buschental	538.589	6.171.985	18	7.55	3.0	5.45	1000
INP 102	E	Bidegain	Camino a Buschental	Buschental	537.479	6.171.149	19	14.64	3.0	12.70	1000
INP 103	E	Bidegain	Camino a Buschental	Buschental	537.865	6.169.432	37	20.80	4.0	18.07	1000
INP 106	E	Bernardo Supervielle	Camino a Buschental	Libertad	543.861	6.167.485	23	17.30	0.0	14.79	1500
INP 107	E	Luis Velázquez	Almacén en la punta E de balneario Kiyú	Kiyú	526.660	6.159.699	12	11.30	1.0	10.50	1000
INP 108	M	Ricarda Mangano	Al E del camino a Kiyú	Kiyú	527.666	6.160.966	8	11.10	2.0	7.53	1500
INP 109	E	Masc Krey	Mauricio muy cerca de la costa	Mauricio	534.576	6.159.280	28	19.57	0.0	18.72	800
INP 112	E	Perdono	Camino que sale hacia el S desde km. 45 de Ruta 1	Cruillas del Plata	536.680	6.162.812	29	11.00	0.0	9.67	800
INP 113	P	Esc. Magallana UTU	Km. 42.500 de Ruta 1	Libertad	541.415	6.161.656	21	22.00	0.0	9.00	150
INP 114	P	Col. Inadaptados	Al costado del criadero de cerdos	Libertad	532.040	6.167.715	42	37.70	0.0	20.55	1000
INP 116	E	Néstor Godaraz	Entrada a Col. Wilson, al fondo	Col. Wilson	542.469	6.156.412	12	9.10	0.0	4.59	900
INP 118	E	E. Britos	Ruta 45, Km. 72.500	Rincón de Albano	541.377	6.183.748	37	14.38	1.5	13.00	1500
INP 119	P	Arzapavita	Potero	La Rabida	540.017	6.161.772	36	29.12	6.0	22.92	152
INP 120	P	Arzapavita	Km. 45 de Ruta 1 hacia el S	La Rabida	536.813	6.157.162	23	23.20	28.0	13.15	200
INP 121	P	Arzapavita	Potero 24 (antes 12)	La Rabida	532.965	6.157.348	22	29.25	31.0	10.86	200
INP 122	P	Arzapavita	Tobajar de La Rabida	La Rabida	536.845	6.158.505	18	48.00	85.0	8.62	200
INP 123	P	Arzapavita	Debajo del tanque grande	La Rabida	536.274	6.158.118	28	44.00	90.0	21.00	200
INP 126	E	J. Roquer	Ruta 3 km. 81 al W	Puntas de Cda. Gde.	522.183	6.191.922	61	23.60	7.5	18.61	1000
INP 127	E	R. Beateri	8 kms. al W de Cno. que sale de R.3	Juncal	518.111	6.191.643	39	14.25	2.0	0.00	1000
INP 142	E	Eulogio Falero	Ruta 11, Km. 75	Capurro	547.454	6.190.373	29	8.00	0.0	5.60	1000
INP 148	E	M. Irazoqui	Ruta 78 Km. 78.500	Rincón de Albano	546.411	6.186.348	30	25.74	2.0	22.91	1000
INP 149	E	Brito Hnos. y Perazza	Ruta 78 Km. 78	Rincón de Albano	545.926	6.181.506	38	17.60	4.5	12.80	1600
INP 151	E	Vértiz Hnos.	Ruta 79 y Cno Vecinal a Belastoui	Belastoui	551.078	6.185.426	31	14.37	1.0	9.33	950
INP 152	P	La Nueva Estrella	Belastoui	Belastoui	553.026	6.180.673	22	30.00	1.0	14.77	152
INP 153	P	OSE	Villa Rodríguez	V. Rodríguez	543.116	6.195.533	47	55.00	6.0	12.58	203
INP 154	P	OSE	Villa Rodríguez	V. Rodríguez	542.377	6.195.530	48	49.30	6.0	11.50	203
INP 155	E	Boedé San José	Km. 65 de Ruta 11	Villa Rodríguez	538.743	6.195.793	48	19.15	0.0	14.33	1500
INP 157	E	Rodríguez	Ruta Nro. 1 Km 31.500 al N	Monje Grande	533.033	6.155.119	14	8.46	2.0	5.32	4000
INP 158	E	Podar Judicial	Ruta Nro. 1 Km. 27	Parque Postal	554.017	6.153.808	11	6.53	1.0	3.26	1200
INP 159	P	OSE Fleischman	Ruta Nro. 1 Km. 23	Rincón de la Bolsa	555.801	6.152.587	7	39.00	11.3	0.00	200
INP 160	P	OSE	Rincón de la Bolsa	Rincón de la Bolsa	550.905	6.152.745	0	17.40	0.4	2.97	203
INP 161	P	OSE	Ruta 1, Km. 25	Rincón de la Bolsa	556.496	6.152.179	6	15.00	2.0	5.79	152
INP 162	P	OSE	Delta del Tigre	Delta del Tigre	558.716	6.153.852	1	40.00	1.0	4.23	203
INP 163	P	Toril Uño	Km. 35.800 de Ruta Nro.1	Tropa Veta	547.983	6.157.730	13	10.10	0.0	6.90	850
INP 164	E	Estación Shell	Km. 30 de Ruta 1	Playa Pascoal	551.241	6.155.740	15	7.98	0.0	3.27	1000
INP 166	E	Julio Bonino	Rincón del Pino, Estancia Villa Sevilla	Rincón del Pino	511.597	6.168.415	35	23.00	0.0	20.29	800
INP 167	E	Bozoblasco	Puntas de San Gregorio Colonia Link	Col. Link	521.506	6.172.876	30	18.00	0.0	17.00	800
INP 168	M	Triby	Costas de San Gregorio	Costas S. Gregorio	519.534	6.166.233	18	10.50	1.0	9.73	800
INP 169	P	Vital Sosa	Fábrica "Silvana", Km. 57 de Ruta 1	Libertad	530.424	6.170.483	43	32.00	0.0	0.00	150
INP 170	E	Pastorino	Carretera a Arazati, entrada en almacén Rivero	Rincón del Pino	516.420	6.169.700	12	9.00	0.0	6.00	900
INP 171	P	CONAPROLE	Ruta 1, Km. 78 (No. Montoreo 344)	Rincón del Pino	513.786	6.183.090	24	55.00	10.5	8.27	152
INP 207	P	H. Sampson (Tona)	Camino que sale hacia el W del que va a Kiyú	Costas San Gregorio	519.010	6.164.721	16	0.00	0.0	6.30	150
INP 220	P	Ursos S.A.	Entrando al Sur de Ruta 1 en el km. 51.500	Libertad	535.683	6.165.489	28	28.60	19.0	8.65	150
INP 222	P	Walter Umpiérrez	Cruillas del Plata	Costas de Mauricio	526.222	6.161.831	11	0.00	45.0	3.28	150
INP 300	P	Lauroño	Ruta 1 km 46	Cruilla del Plata	557.324	6.160.725	16	45.00	0.0	1.88	200
INP 301	P	Berto Sosa	Ruta 1 Km 46	Cruilla del Plata	538.654	6.161.996	33	66.00	0.0	18.27	200
INP 302	P	Julio Delgado	Ruta 1 Km 46	Cruilla del Plata	538.978	6.162.742	33	66.00	45.0	17.40	200
INP 303	P	Luis Delgado	Ruta 1 Km 46.500	Cruilla del Plata	538.420	6.163.710	27	66.00	0.0	13.50	200
INP 304	P	INA	Ruta 1 Km 51 al S	Libertad al Sur	530.317	6.163.877	25	31.20	0.0	10.25	200
INP 305	P	R. Antuña	Ruta 1 Km 61a 9 km al S	Cno. a Kiyú	526.047	6.165.533	22	34.50	0.0	5.46	200
INP 306	P	Cubelo	Ruta 1, Entrando en el Km 63.800	Manrajillo	524.690	6.174.185	45	62.40	0.0	21.43	200
INP 307	P	Masc Krey	Rincón del Pino	Rincón del Pino	514.694	6.169.849	24	19.40	22.0	7.62	150
INP 308	P	Touron	Camino a Kiyú	Camino a Kiyú	523.330	6.164.766	46	45.00	10.0	30.95	150
INP 309	P	Touron	Camino a Kiyú	Camino a Kiyú	524.008	6.164.609	40	40.00	5.0	24.88	150
INP 310	P	Touron	Camino a Kiyú	Camino a Kiyú	526.346	6.164.003	22	34.00	3.0	12.18	150
INP 311	E	Touron	Camino a Kiyú	Camino a Kiyú	527.401	6.163.709	20	15.00	1.0	11.02	150
INP 312	P	Escuela 65	Camino a Kiyú	Camino a Kiyú	521.364	6.165.694	31	0.00	0.0	17.20	100
INP 313	P	Yaquina	Camino a Kiyú	Camino a Kiyú	522.376	6.166.181	30	0.00	0.0	0.00	152
INP 314	E	Carlota Vila	Colonia Cambell	Colonia Cambell	525.002	6.167.197	34	0.00	0.0	15.07	1000
INP 315	P	Baugglia	Costas de Kiyú	Barranca de S.Gregg.	520.042	6.161.405	15	35.00	28.0	8.07	152

Tabla 9 : Continuación

Código	Tipo Pozo	Propietario	Ubicación	Paraje	X_utm	Y_utm	Z (m)	Profundidad (m)	Caudal (m ³ /h)	N.E. (m)	Diámetro Boca	
INP 316	P	Mac Krey	Barrancas de Maurício	B. de Maurício	533.280	6.161.656	33	27,20	15,0	15,30	152	
INP 317	P	Rodriguez	Als de Libertad	Libertad	534.365	6.162.883	28	0,00	0,0	0,0	152	
INP 319	P	UTE	Ruta 1 Km 50,800 al N	Libertad	537.076	6.167.518	38	23,50	0,0	17,86	150	
INP 320	P	Fraga	Ruta 1 Km 50,800	Libertad	537.861	6.167.727	37	54,00	0,0	18,75	200	
INP 321	P	Vilaro	Ruta 1 Km 50 al Norte	Buschental	540.075	6.171.718	27,00	32,00	4,8	15,50	150	
INP 322	P	Daniel Rodriguez	Als de Libertad	Libertad	531.705	6.164.209	28	0,00	0,0	10,16	150	
INP 323	P	FRIPUR	Rincón del Pino	Rincón del Pino	516.926	6.169.677	22	30,30	0,0	21,4	13,03	152
INP 324	E	Urs de Lennie	Capurro	Capurro	547.94	6.189.355	30	8,30	10,0	3,80	1000	
INP 325	P	V. Umpierrez	Ruta 11 Km 69-500	Villa Rodriguez	542.801	6.192.893	46	40,50	50,0	14,70	200	
INP 326	P				541.318	6.195.868	41					
INP 327	P	Dario Perazza	Ruta 45 Km 75-500	Villa Rodriguez	541.460	6.188.670	41	33,00	35,0	14,60	200	
INP 328	P	Codalim	Ruta 1 Km 33-500	Rincón de la Bolsa	549.840	6.158.070	16	38,00	72,0	12,76	200	
INP 329	P	OSE	Rincón de la Bolsa	Rincón de la Bolsa	551.249	6.158.019	15	66,00	10,0	9,83	200	
INP 330	P	Codalim	Ruta 1 Km 33-500	Rincón de la Bolsa	550.762	6.157.545	15	33,00	130,0	10,20	200	
INP 331	P	OSE	Ruta 1 Km 33-500	Rincón de la Bolsa	550.465	6.157.749	14	32,00	100,0	9,80	200	
INP 332	P	OSE	Rincón de la Bolsa	Rincón de la Bolsa	551.169	6.158.140	14	30,00	88,0	0,00	200	
INP 333	P	OSE	Rincón de la Bolsa	Rincón de la Bolsa	549.771	6.158.284	13	31,30	14,0	9,20	200	
INP 334	P	OSE	Rincón de la Bolsa	Rincón de la Bolsa	550.059	6.158.054	16	34,00	38,0	12,00	200	
INP 335	P	Codalim	Ruta 1 Km 33-500	Rincón de la Bolsa	549.457	6.157.061	15	32,00	16,0	7,80	152	
INP 336	P	Fracc. Sta. Mónica	Santa Mónica	Rincón de la Bolsa	552.045	6.156.131	13	29,60	13,4	0,00	152	
INP 337	P	Mater Terra	Ruta 1 Km 26	Rincón de la Bolsa	552.129	6.154.830	12	25,00	5,0	9,20	152	
INP 338	P	OSE	Penino	Penino	553.123	6.154.318	12	35,00	6,0	9,25	200	
INP 339	P	OSE	Playa Pascual	Playa Pascual	549.830	6.154.838	8	40,00	2,3	4,90	200	
INP 340	P	Berrito	Ruta 1 Km 35	Tropa Vieja	548.366	6.157.774	13	8,50	20,0	0,00	152	
INP 341	P	Berrito	Colonia Galland	Colonia Galland	546.022	6.158.080	12	47,30	43,0	16,00	1000	
INP 343	P	Costaé	Ruta 1 Km 43-500	Manguillo	541.377	6.161.038	28	39,00	18,7	18,20	152	
INP 344	P	L. Fernández Coyshreia	Ruta 1 Km 40	Colonia Wilson	542.884	6.158.938	30	37,00	19,8	8,93	152	
INP 345	P	Canabal	Entrada sobre Km 39-500 de Ruta 1	Colonia Wilson	544.866	6.157.750	14	36,00	22,0	13,39	200	
INP 346	P	Willagro	Ruta 1 Km 41	Orilla del Plata	543.550	6.161.339	24	36,00	22,0	13,39	200	
INP 347	P	Illagro	Camino a Kiyú	Gamino a Kiyú	532.367	6.166.592	36	34,00	11,0	18,57	200	
INP 348	P	E. Roland	Ruta 1 Km. 82	Cuchilla Penetra	508.550	6.187.222	43	25,00	0,0	17,80	152	
INP 349	P	Escuela 42	Ruta 1 Km. 82	Costa del Pereira	517.753	6.191.800	38	30,00	0,0	24,80	150	
INP 350	P	Comisión Fomento	Rincón del Pino	Rincón del Pino	515.072	6.181.929	34	0,00	0,0	12,03	150	
INP 351	P	Inte. A. Sasson	Carretera a Kiyú	Carretera a Kiyú	517.664	6.165.037	9	27,60	18,7	4,00	152	
INP 352	P	Inte. A. Sasson	Carretera a Kiyú	Carretera a Kiyú	517.556	6.164.339	22	0,00	0,0	0,00	152	
INP 353	P	Inte. A. Sasson	Carretera a Kiyú	Carretera a Kiyú	517.861	6.164.733	22	29,00	21,4	16,00	152	
INP 354	P	Inte. A. Sasson	Carretera a Kiyú, al NW del camino	C. del S. Gregorio	518.261	6.166.730	15	32,00	19,8	4,15	152	
INP 355	P	Inte. A. Sasson	Carretera a Kiyú, pozo a la entrada antes de casas.	C. de S. Gregorio	519.858	6.164.611	18	34,00	21,4	6,75	152	
INP 357	P	Escuela 17	Ruta 45	Col. Italia	535.956	6.173.316	32	27,00	1,5	0,00	100	
INP 358	P	Washington Peña	Ruta 1 Km 59-500	Puntas de Valdez	529.448	6.172.494	35	30,00	19,8	11,55	152	
INP 359	P	ERMIDAL S.A.	Costas del Maurício	C. del Maurício	526.533	6.162.243	29	37,00	20,0	19,70	152	
INP 361	P	Walter Umpierrez	Costas del Maurício	C. del Maurício	526.220	6.161.637	29	25,70	20,6	2,00	152	
INP 362	P	Inte. A. Sasson	Camino a Puntas del Maurício	Penal de Libertad	532.117	6.165.765	41	47,50	20,8	23,20	152	
INP 363	P	Moro	Ruta 1 Km 61	Puntas de Valdés	529.846	6.172.339	39	43,40	9,9	21,90	200	
INP 364	P	OSE	Ruta 1 Km 61	Puntas de Valdés	529.867	6.174.092	33	51,30	8,3	26,60	200	
INP 365	P	OSE	Ruta 1 Km 61	Puntas de Valdés	527.151	6.172.621	45	37,00	4,5	27,80	200	
INP 366	P	FRIPUR	Rincón del Pino, al Sur del Km 72 de Ruta 1	Colonia V. Pérez	516.521	6.169.749	15	30,50	18,0	12,50	152	
INP 367	P	FRIPUR	Rincón del Pino, al S del Km 72 de Ruta 1	Rincón del Pino	516.227	6.170.252	17	30,10	19,8	11,60	152	
INP 368	P	ITALCOLOR	Ruta 1 Km 30-300	Tropa Vieja	544.982	6.159.014	12	38,00	7,2	3,40	152	
INP 369	P	Inte. A. Sasson	Ruta 1 Km 30-300	Tropa Vieja	545.731	6.159.005	9	36,00	17,4	4,60	152	
INP 370	P	Inte. A. Sasson	Ruta 1 Km 35-500	Tropa Vieja	547.865	6.157.730	13	35,40	22,6	8,70	152	
INP 372	P	Carlos Talleria	Ruta 1 Km 42 por camino vecinal al N	Puntas de T. Vieja	540.669	6.166.163	21	12,50	5,6	1,50	152	
INP 373	P	Mac Krey	Rincón del Pino	R. del Pino	514.722	6.169.770	24	16,00	20,6	8,40	152	
INP 374	P	Mac Krey	Rincón del Pino	R. del Pino	514.920	6.169.588	20	18,00	18,0	8,70	152	
INP 376	P	Mac Krey	Rincón del Pino	R. del Pino	515.115	6.169.168	29	22,50	22,8	11,20	152	
INP 377	P	Mac Krey	Rincón del Pino	R. del Pino	515.212	6.168.965	27	14,00	19,8	7,45	152	
INP 378	P	Mac Krey	Als de Libertad	Arroyo V. Blancas	533.160	6.161.004	35	40,40	24,0	13,50	152	
INP 381	P	Ismael Linke	Libertad al Sur, pegado a Mac Krey	La Constancia	533.451	6.160.251	32	38,00	16,5	17,15	152	
INP 382	P	Rolando Gordillo	Rincón del Pino	R. del Pino	511.663	6.173.110	36	20,50	20,0	11,80	152	
INP 383	P	Marfil S.A.	Ruta 1 Km 44	Orillas del Plata	540.428	6.162.717	24	31,20	15,8	17,30	152	
INP 384	P	Marfil S.A.	Ctra. a Arzafá	R. Peraza	515.485	6.175.059	40	31,00	4,4	16,20	150	
INP 385	P	Carlos Talleria	Camino vecinal al N de Ruta 1 en Km 42	P. de Tropas Viejas	543.314	6.170.030	15	30,00	8,8	10,60	152	
INP 386	P	Fernando Aróla	Buschental	Buschental	544.314	6.170.118	0	36,80	6,6	18,50	152	
INP 387	P	Fernando Aróla	Buschental	Buschental	544.217	6.170.319	0	35,00	14,5	5,90	152	
INP 388	P	Moro	Sauce Chico	Sauce Chico	528.133	6.179.607	41	42,60	7,2	14,00	152	
INP 391	P	Inte. A. Sasson	Ruta 1 Km 36	Tropa Vieja	547.664	6.157.581	14	38,40	21,4	8,40	152	
INP 392	P	Washington Peña	Camino a Kiyú	C. S. Gregorio	519.757	6.164.513	20	30,00	22,0	6,30	152	
INP 393	E	P. Bonino	Radial de rutas Nros. 1 y 3	Radial	521.718	6.178.083	52	28,00	3,0	24,00	1500	
INP 394	P	Comisión Vecinal	Rafael Perazza	Rafael Perazza	519.839	6.179.805	36	15,00	9,9	0,00	150	
INP 395	P	Walter Umpierrez	Costas del Maurício	Costas del Maurício	527.432	6.162.622	24	39,50	22,0	12,50	152	

Tabla 9 : Continuación

Código	Tipo Pozo	Propietario	Ubicación	Paraje	X_utm	Y_utm	Z (m)	Profundidad (m)	Caudal (m³/h)	N.E. (m)	Díámetro Boca
INP 396	P	Milagro	Ruta 1 Km.41	P. de T. Vieja	541.605	6.160.854	29	35,00	13,2	15,70	152
INP 397	P	Milagro	Ruta 1 Km.41	P. de T. Vieja	543.803	6.160.777	22	35,70	9,0	18,90	152
INP 398	P	Milagro	Ruta 1 Km.41	P. de T. Vieja	543.457	6.161.081	28	33,50	14,0	10,30	152
INP 399	P	OSE	Capurro	Capurro	549.343	6.189.501	37	29,00	10,7	11,41	200
INP 402	P	OSE	Libertad	Libertad	535.232	6.167.127	37	38,00	22,7	0,00	200
INP 403	P	OSE	Libertad	Libertad	534.735	6.167.333	42	56,00	14,0	0,00	200
INP 404	P	OSE	Libertad	Libertad	534.634	6.167.234	38	35,00	18,0	0,00	200
INP 405	P	OSE	Libertad	Libertad	534.531	6.166.986	34	21,00	10,5	0,00	200
INP 406	P	OSE	R. Peraza	R. Peraza	518.840	6.179.868	40	30,00	0,0	0,00	200
INP 408	P	OSE	Monte Grande	Rincón de la Bolsa	553.741	6.155.810	15	30,00	4,5	12,25	200
INP 409	P	OSE	Rincón de la Bolsa	Rincón de la Bolsa	550.710	6.157.346	14	30,00	62,0	9,80	200
INP 410	P	OSE	Delta del Tigre	Delta del Tigre	554.902	6.152.648	3	30,00	3,0	3,10	200
INP 411	P	Calleros Hnos.	Rincón del Pino	R. del Pino	511.069	6.173.612	39	34,20	19,8	9,00	152
INP 412	P	R. Calleriza	Ruta 1 Km.46	Orijillas del Plata	539.777	6.162.631	34	30,00	30,0	0,00	200
INP 413	P	Ing. A. Sasson	Carretera a Kiyú	Carretera a Kiyú	517.956	6.166.334	37	29,00	15,5	8,05	152
INP 414	P	Milagro	Ganino a Kiyú	Col. J.M. Pérez	523.729	6.166.431	25	42,00	20,0	18,70	200
INP 415	P	Milagro	Ganino a Kiyú	Col. J.M. Pérez	523.927	6.166.332	48	70,30	15,0	12,50	200
INP 416	P	Milagro	Ganino a Kiyú	Col. J.M. Pérez	524.076	6.166.210	43	39,00	22,0	21,90	200
INP 417	P	Milagro	Ganino a Kiyú	Col. J.M. Pérez	524.325	6.166.157	42	27,50	40,0	8,90	200
INP 418	P	Milagro	Ganino a Kiyú	Col. J.M. Pérez	524.674	6.166.053	34	40,00	40,0	12,25	200
INP 419	P	Milagro	Ganino a Kiyú	Col. J.M. Pérez	524.476	6.166.256	40	34,30	60,0	12,50	200
INP 420	P	Milagro	Ganino a Kiyú	Col. J.M. Pérez	524.227	6.166.303	41	39,00	20,0	13,70	200
INP 422	P	Babuglia	Costas de Kiyú	B. de San Gregorio	519.814	6.161.467	16	40,00	40,0	9,70	152
INP 424	P	Conaprole	Ruta 1 Km. 28	Costa del Pereira	513.682	6.183.177	25	56,50	9,3		152
INP 426	P	Ex.Bambina	Ruta 1 Km. 33,500	Tropa Vieja	549.588	6.157.162	15	35,00	80,0		200
INP 428	P	DINAMIGE ESTUDIO	Ruta 1 Km. 42	P. Tropas Viejas	541.913	6.161.550	21	51,30	0,0	0,00	50
INP 430	P	Isusa	Ruta 1 Km. 24	Isusa	557.191	6.151.771	5	52,00	1,2	0,00	152
INP 431	P	J. Vialhos	Rincón de Albano	Rincón de Albano	551.627	6.179.828	26	55,00			152
INP 432	P	Penal de Libertad	Libertad	Libertad	531.683	6.167.069	38	56,00	16,0		152
INP 433	P	Conaprole	Villa Rodríguez	Villa Rodríguez	542.911	6.195.075	45	20,50	23,0		152
INP 434	P	Escuela Nro. 77	Kiyú	Kiyú	522.916	6.161.176	35	36,80	6,3	0,00	152
INP 436	P	OSE	Delta del Tigre	Delta del Tigre	556.200	6.152.482	6	79,00	0,0	0,00	200
INP 437	P	DINAMIGE ESTUDIO	Radial de rutas 1 y 3	Radial	524.810	6.177.383	39	94,50	0,0	0,00	50
INP 438	P	DINAMIGE ESTUDIO	Cuchilla Redonda	Cuchilla Redonda	522.440	6.191.723	57	79,00	0,0	0,00	50
INP 439	P	DINAMIGE ESTUDIO	Kiyú	Kiyú	520.851	6.164.000	22	67,00	0,0	0,00	50
INP 443	P	M. Granja	Arazati	Arazati	501.802	6.184.417	28	37,00	0,0	3,00	152
INP 444	P	Silbron S.A.	Rincón de la Bolsa	Rincón de la Bolsa	558.607	6.153.077	8	13,62	0,0	0,00	150
INP 445	P	Est. San Fernando	Delta del Tigre	Delta del Tigre	558.693	6.151.955	2	37,00	1,5	0,00	152
INP 446	P	UTE	Parque Postal	Parque Postal	555.972	6.154.288	3	60,00	2,0	0,00	152
INP 447	P	Asillero Sta. Lucia	Villa Rives	Rincón de la Bolsa	555.990	6.151.635	1	40,00	2,6	0,00	152
INP 448	P	Parentelli	La Barra	Delta del Tigre	559.083	6.151.098	2	25,50	1,8	0,00	152
INP 449	P	Est. ANCAP	Tropa Vieja	Rincón de la Bolsa	550.868	6.158.044	18	27,50	40,0	0,00	152
INP 450	E	Bernutti	Ruta 1 Km. 31,800	Rincón de la Bolsa	551.084	6.156.042	14	25,00	2,5	9,00	100
INP 451	E	Pose Eralda	Ruta 1 Km 37	Colonia Galland	545.967	6.157.803	13	9,00	100,0	3,00	800
INP 452	E	Mac Grey	Ruta 1 Km 39,500	Colonia Wilson	542.751	6.156.362	11	14,00	20,0	0,00	1400
INP 453	E	Escuela Nº 92	Puntas del San Gregorio	Barrancas Mauricio	533.008	6.160.806	32	18,00	3,0	0,00	1000
INP 454	E	Ing. A. Sasson	Carretera a Kiyú	Col. A. Montano	522.535	6.171.177	24	12,00	0,5	8,00	1000
INP 455	E	Vecino de Isusa	Ruta Nro.1 Km 24	Costas del S. Greg.	518.061	6.164.733	22	18,00	3,0	0,00	1500
INP 456	E	Vecino de Ellice	Ruta Nro. 1 Km. 24	Villa Rives	557.693	6.151.965	4	6,00	0,5	1,00	800
INP 457	E	Vecino de Torral	Ruta Nro. 1 Km. 34	Villa Rives	556.996	6.152.173	5	7,00	0,5	0,50	800
INP 458	E	E. López	Cno. a Arazati	Tropa Vieja	549.280	6.158.963	1	7,00	0,5	2,00	1000
INP 459	P	Pedro Bonino	Radial de rutas Nros. 1 y 3. Tambó	Arazati	508.856	6.172.439	34	14,00	0,5	13,20	1500
INP 460	P	Aragavallita	Cno. a Arazati	Radial	521.385	6.177.838	47	47,23	5,5	18,50	152
INP 461	P	OSE	Libertad	Libertad	535.396	6.185.992	34	22,30	4,1	9,50	152
INP 462	P	OSE	Libertad	Libertad	534.697	6.168.335	34	37,70	35,0	16,57	152
INP 463	P	J.A. Sánchez	Cno. a Arazati	Arazati	505.575	6.173.877	20	24,00	2,6	2,90	152
INP 464	P	DINAMIGE ESTUDIO	Puerto de la Cruz	Puerto de la Cruz	545.547	6.172.902	3	8,00	0,0	0,00	50

Tabla 10a : Resultados de parámetros físico-químicos de aguas del SAR_Dinamige

CÓDIGO	FECHA	DATOS CAMPO			Alcalinidad Total (mg/L CaCO ₃)		Alcalinidad fenolftaleína (mg/L CaCO ₃)		Dureza (mg/L CaCO ₃)		Ca (mg/L CaCO ₃)		Mg (mg/L Mg ²⁺)	
		pH	Cond. (µS/cm)	T (°C)	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±
Dgua_37	11/11/2020	7,28	962	20,2	374	20	ND	265	15	180	20	20,6	3,0	
Dgua_83	12/11/2020	7,32	2202	20,0	460	25	ND	287	15	196	20	22,1	3,5	
Din A 99	11/11/2020	7,32	2285	21,0	394	20	ND	431	20	303	30	31,3	5,0	
Dgua_192	12/11/2020	7,48	1482	20,1	374	20	ND	246	10	157	15	21,8	3,5	
Dgua_260	13/11/2020	7,70	860	19,8	329	15	ND	220	10	163	15	13,9	2,0	
Dgua_284	13/11/2020	7,40	991	20,1	361	20	ND	293	15	203	20	22,1	3,5	
Dgua_363	16/11/2020	7,50	1570	20,0	370	20	ND	320	15	215	20	25,6	4,0	
Din A 366	13/11/2020	7,62	1064	20,0	364	20	ND	273	15	182	20	22,1	3,5	
Dgua_385	11/11/2020	7,12	892	19,4	331	15	ND	344	20	263	25	19,9	3,0	
Dgua_491	16/11/2020	7,70	971	19,4	327	15	ND	189	10	117	10	17,6	3,0	
Dgua_173	19/11/2020	7,42	1362	20,0	327	15	ND	275	15	172	20	25,1	4,0	
Dgua_177	17/11/2020	7,23	1135	19,9	313	15	ND	265	15	159	15	25,8	4,0	
Dgua_188	18/11/2020	7,19	685	20,0	321	15	ND	163	10	106	10	13,9	2,0	
Dgua_197	18/11/2020	7,20	944	20,0	287	15	ND	271	15	180	20	22,1	3,5	
Dgua_216	16/11/2020	7,17	629	19,3	266	15	ND	183	10	120	10	15,4	2,5	
Dgua_227	16/11/2020	7,42	940	19,0	340	15	ND	263	15	184	20	19,1	3,0	
Dgua_241	16/11/2020	7,14	974	19,5	382	20	ND	330	15	209	10	29,5	4,5	
Dgua_371	18/11/2020	7,42	1383	19,9	384	20	ND	275	15	176	20	24,1	4,0	
Din A 372	17/11/2020	7,31	793	20,0	334	15	ND	228	10	156	15	17,6	2,5	
Dgua_389	17/11/2020	7,44	1884	19,7	420	20	ND	297	15	195	20	24,8	4,0	
Dgua_393	19/11/2020	7,37	844	20,0	359	20	ND	309	15	210	20	24,3	3,5	
Dgua_479	17/11/2020	6,89	804	20,0	294	15	ND	254	15	181	20	17,9	3,0	
Dgua_485	17/11/2020	7,74	750	18,9	355	15	ND	218	10	141	15	18,6	3,0	
Din A 924	19/11/2020	7,50	1174	19,6	359	20	ND	271	15	177	20	22,8	3,5	
Dgua_261	29/6/2021	7,87	1697	18	411	21	ND	172	9	108	11	16	2	
Dgua_213	29/6/2021	7,74	816	16,7	356	18	ND	242	12	155	15	21	3	
Dgua_306	29/6/2021	7,88	960	18	273	14	ND	186	9	124	12	15	2	
Dgua_48	30/6/2021	7,4	608	16,1	298	15	ND	236	12	156	16	19	3	
Dgua_305	30/6/2021	7,34	713	16,9	340	17	ND	219	11	139	14	20	3	
Dgua_103	30/6/2021	7,68	833	16,6	377	19	ND	216	11	147	15	17	3	
Dgua_487	30/6/2021	7,4	723	17,8	279	14	ND	160	8	100	10	15	2	
Dgua_214	30/6/2021	7,56	1215	13,1	386	-	-	300	15	208	21	22	3	
Dgua_352	1/7/2021	7,65	826	16,3	377	19	ND	192	10	120	12	18	3	
Dgua_464	1/7/2021	7,43	1674	16,3	359	18	ND	353	18	224	22	31	5	
Dgua_213_bis	1/7/2021	7,65	2061	18,5	530	27	ND	326	16	215	21	27	4	
Dgua_326	2/7/2021	7,41	743	17,2	283	14	ND	139	7	81	8	14	2	
Dgua_52	27/7/2021	7,72	1329	16,6	428	21	ND	155	8	97	10	14	2	
Dgua_132	27/7/2021	7,58	584	17	221	11	ND	139	7	95	10	11	2	

Tabla 10a : Continuación

CÓDIGO	Na (mg/L Na ⁺)		K (mg/L K ⁺)		Nitrito (mg/L NO ₂ ⁻)		Cloruros(mg/L Cl ⁻)		Sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻)		Fluoruro (mg/L F ⁻)		Silice (mg/L SiO ₂)		Fósforo Total (mg/L)	
	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±
Dgua_37	106	10	6,4	0,6	26	3	60,8	6,0	26,7	3,0						
Dgua_83	374	35	4,5	0,5	60	6	216	20	377	40	0,4	0,1	73,2	7,3		< 0,05
Din A 99	320	30	4,7	0,5	22	2	271	30	345	35	0,3	0,1	61,5	6,1		< 0,05
Dgua_192	265	25	7,7	1,0	29	3	207	20	180	20						
Dgua_260	95,8	9,5	4,7	0,5	30	3	44,3	4,5	20,6	2,0						
Dgua_284	95,8	9,5	2,9	0,3	29	3	70,9	7,0	21,1	2,0						
Dgua_363	205	20	5,1	0,5	31	3	217	20	90,0	9,0	0,4	0,1	56,5	5,6		< 0,05
Din A 366	117	10	4,4	0,5	26	3	77,6	8,0	48,7	5,0						
Dgua_385	49,2	5,0	7,9	1,0	73	7	30,8	3,0	25,2	2,5						
Dgua_491	130	15	3,9	0,5	28	3	86,3	8,5	17,9	1,5	0,4	0,1	56,6	5,7		< 0,05
Dgua_173	135	15	3,9	0,5	15	2	161	15	29,4	3,0	0,4	0,1	53,7	5,4		< 0,05
Dgua_177	125	15	4,4	0,5	30	3	136	15	42,0	4,0	0,3	0,1	84,8	8,5		< 0,05
Dgua_188	97,7	10,0	3,9	0,5	35	3	20,9	2,0	15,0	1,5	0,4	0,1	57,0	5,7		0,2
Dgua_197	87,0	9,0	4,9	0,5	23	2	99,2	10,0	33,2	3,5						
Dgua_216	61,4	6,0	9,2	1,0	28	3	14,0	1,5	17,5	1,5						
Dgua_227	93,4	9,5	4,3	0,5	28	3	68,6	7,0	35,7	3,5						
Dgua_241	80,6	8,0	9,2	1,0	44	4	54,9	5,5	24,3	2,5						
Dgua_371	186	20	5,1	0,5	20	2	164	15	91,1	9,0	0,4	0,1	64,4	6,4		< 0,05
Din A 372	80,6	8,0	6,2	0,6	26	3	29,9	3,0	16,6	1,5	0,4	0,1	76,3	7,6		< 0,05
Dgua_389	285	30	3,4	0,3	34	3	184	20	331	35						
Dgua_393	59,3	6,0	4,2	0,5	24	2	36,4	3,5	13,3	1,5						
Dgua_479	72,1	7,0	6,1	0,6	36	4	53,4	5,0	22,8	2,0						
Dgua_485	82,7	8,5	3,6	0,5	24	2	12,0	1,0	10,6	1,0						
Din A 924	133	15	6,1	0,6	33	3	119	10	62,6	6,5						
Dgua_261	275	27	5,0	0,5	136	9	96	10	201	20	0,6	0,1	69	7		< 0,05
Dgua_213	89	9	5,9	0,6	34	2	32	3	15		0,4	0,1	76	8		0,07
Dgua_306	129	13	5,5	0,6	11	1	104	10	91	9	0,2	0,1	35	3		< 0,05
Dgua_48	41	4	7,8	0,8	19	1	7,8	0,8	13	1	0,4	0,1	70	7		< 0,05
Dgua_305	66	7	9,3	0,9	41	3	12	1	16	2	0,4	0,1	69	7		< 0,05
Dgua_13	100	10	5,2	0,5	28	2	28	3	27	3	0,5	0,1	72	7		< 0,05
Dgua_487	98	10	4,4	0,4	25	2	44	4	40	4	0,3	0,1	63	6		0,25
Dgua_214	153	15	3,8	0,4	54	4	48	5	134	13	0,4	0,1	69	7		< 0,05
Dgua_352	98	10	8,5	0,9	38	3	23	2	23	2	0,4	0,1	69	7		0,12
Dgua_464	217	22	5,3	0,5	50	4	240	24	144	14	0,4	0,1	67	7		< 0,05
Dgua_213_bis	317	32	6,1	0,6	31	2	190	19	195	30	0,6	0,1	65	6		< 0,05
Dgua_326	100	10	9,8	1,0	43	3	40	4	22	2	0,3	0,1	68	7		0,12
Dgua_52	218	22	3,3	0,3	34	2	146	15	36	4	0,6	0,1	68	7		
Dgua_132	61	6	5,4	0,5	12	1	40	4	13	1	0,3	0,1	65	6		

Tabla 10b : Resultados de parámetros físico-químicos de aguas del SAR_Dinamige

* datos de Dinamige no publicados

Nº Muestra	X_utm	Y_utm	Datos de campo				Turbidez NTU		Alcalinidad (mg/L CaCO3)		
			Fecha de muestreo	pH	Cond. (µS/cm)	Temp. (°C)	Resultado	±	Alcalinidad Total		Alcalinidad fenolfaleína
									Resultado	±	
213	501.926	6.184.995	15/6/2016	8,1	455	16,5	35,1	212	10	ND	-
228	514.456	6.174.285	16/6/2016	7,5	864	16,8	<0,1	356	20	ND	-
344	513.792	6.183.070	15/6/2016	8,6	451	19,0	3,6	219	10	ND	-
521	548083	6156292	14/6/2016	6,4	-	17,0	<0,1	111	10	ND	-
570	512.825	6.171.523	16/6/2016	7,9	693	16,4	5,0	174	10	ND	-
573	531.360	6.182.763	16/6/2016	8,7	934	17,8	48,8	203	10	7	1
353	526.043	6.165.546	23/6/2016	8,0	1075	17,2	0,6	364	20	ND	-
541	535.570	6.184.701	21/6/2016	7,2	555	18,1	12,2	198	10	ND	-
214	503.898	6.186.211	15/3/2017	7,6	1115	19,7	10,3	519	25	ND	-
435	527.998	6.179.733	16/3/2017	7,1	820	19,6	183	412	20	ND	-
532	537.126	6.175.923	13/3/2017	7,2	478	21,5	1,8	219	10	ND	-
533	527.044	6.182.392	16/3/2017	7,1	593	19,6	0,8	264	15	ND	-
537	529.300	6.185.202	16/3/2017	6,7	583	19,5	0,10	238	10	ND	-
555	535.767	6.165.453	13/3/2017	7,4	460	20,0	6,2	166	10	ND	-
556	527.049	6.171.981	15/3/2017	7,8	1100	20,6	63,3	403	20	ND	-
564	522.135	6.177.963	16/3/2017	6,8	530	19,0	9,2	290	15	ND	-
571	540.770	6.173.402	13/3/2017	6,8	625	22,8	2,8	249	10	ND	-
574	498.444	6.182.434	15/3/2017	7,4	750	20,2	0,42	281	15	ND	-
297	527.769	6.160.992	22/3/2017	7,0	610	21,2	1,6	246	10	ND	-
526	549.509	6.157.166	20/3/2017	8,5	162	20,5	4,1	73,7	3,5	ND	-
535	521.216	6.172.377	21/3/2017	7,4	859	21,8	0,22	346	20	ND	-
536	521.921	6.170.498	21/3/2017	8,0	1030	21,5	2,1	336	20	ND	-
567	523.949	6.187.256	22/3/2017	7,7	680	19,0	1,7	346	20	ND	-
572	517.210	6.191.071	22/3/2017	7,7	640	22,0	6,3	287	15	ND	-
358	526.333	6.164.032	22/3/2017	6,9	636	21,7	0,8	226	10	ND	-

Tabla 10b : Continuación

Nº Muestra	Dureza (mg/L CaCO ₃)		Sólidos totales (mg/L)		Calcio (mg/L CaCO ₃)		Magnesio (mg/L Mg ⁺²)		Sodio (mg/L Na ⁺)		Potasio (mg/L K ⁺)		Nitratos (mg/L NO ₃ ⁻)	
	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±
213	73	4	220	20	40	2	8,1	0	72,7	3,5	6,4	0,3	<10	-
228	185	10	557	55	125	6	14,6	1	103	5	8,7	0,5	63	5
344	54	3	233	25	31	2	5,6	0	78,0	4,0	2,9	0,1	<10	-
521	82	4	407	40	57	3	6,1	0	75,4	4,0	8,0	0,5	78	10
570	74	5	466	45	58	3	3,9	0	119	6	3,1	0,2	22	2
573	23	1	837	85	15	1	1,8	0	103	5	133	5	20	2
353	220	10	620	60	134	7	20,8	1	140	7	5,9	0,3	35	5
541	96	5	375	40	60	3	8,7	0	56,8	3,0	4,2	0,2	21	2
214	102	5	721	70	62,4	6,0	9,7	1,5	202	20	3,8	0,5	82	8
435	270	30	529	50	165,0	15	25,2	3,5	90,5	9,0	12,6	1,0	30	3
532	96,0	5,0	393	40	55,8	6,0	9,8	1,5	74,9	7,5	5,2	0,5	39	4
533	149	10	447	50	91,2	9,0	14,0	2,0	72,3	7,5	3,8	0,5	56	6
537	139	10	471	50	85,7	8,5	12,9	2,0	67,1	7,0	5,6	0,5	50	5
555	151	10	413	40	108	11	10,5	1,5	35,9	3,5	6,4	0,5	33	3
556	283	15	905	90	180	18	25,3	4,0	132	15	6,1	0,5	16	2
564	129	5	475	50	84,9	8,5	10,8	1,5	69,7	7,0	4,2	0,5	21	2
571	156	10	483	50	98,2	10,0	14,1	2,0	74,9	7,5	6,2	0,5	56	6
574	185	10	521	50	119	12	15,9	2,5	85,3	8,5	8,5	1,0	49	5
297	103	5	420	40	34,3	3,5	16,8	2,5	88,9	9,0	9,7	1,0	49	5
526	86,0	5,0	134	15	70,9	7,0	3,7	0,5	5,0	0,5	4,1	0,5	<10	-
535	205	10	531	55	133	14	17,7	3,0	122	10	7,1	1,0	13	1
536	248	10	676	70	141	14	26,1	4,0	138	15	7,6	1,0	11	1
567	286	15	475	50	177	18	26,6	4,0	56,2	6,0	2,6	0,3	37	4
572	117	5	420	40	72,8	7,0	10,9	1,5	96,4	10,0	5,8	0,5	16	2
358	181	10	483	50	110	11	17,3	2,5	63,7	6,5	7,5	1,0	140	14

Tabla 10b : Continuación

Nº Muestra	Nitritos (mg/L NO ₂ ⁻)		Cloruros (mg/L Cl ⁻)		Sulfatos (mg/L SO ₄ ²⁻)		Fósforo total (mg/L P)		Sílice (mg/L)	
	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±	Resultado	±
213	<0,08	-	13	1	7,9	1,0	-	-	<5,0	-
228	<0,08	-	19	1	18,4	2,0	0,17	0,02	61,7	3,0
344	<0,08	-	12	1	5,5	0,5	<0,05	-	14,0	0,5
521	<0,08	-	37	2	31,6	3,0	0,92	0,10	86,7	4,5
570	<0,08	-	37	2	92,7	9,5	0,23	0,02	43,7	2,0
573	<0,08	-	16	1	208	20	0,10	0,02	92,9	4,5
353	<0,08	-	93	5	27,6	3,0	0,08	0,02	51,8	2,5
541	<0,08	-	9	0	11,5	1,0	0,58	0,05	52,7	2,5
214	<0,08	-	24,0	2,5	44,1	4,5	0,08	0,01	68,9	7,0
435	<0,08	-	47,4	5,0	31,9	3,0	0,30	0,03	26,3	2,5
532	<0,08	-	23,2	2,5	18,2	2,0	0,31	0,03	65,5	6,5
533	<0,08	-	25,8	2,5	22,2	2,0	0,09	0,01	55,4	5,5
537	<0,08	-	34,6	3,5	20,8	2,0	0,16	0,02	68,9	7,0
555	<0,08	-	41,9	4,0	<10	-	0,49	0,05	64,4	6,5
556	<0,08	-	135	15	<10	-	1,01	0,10	100	10
564	<0,08	-	4,4	0,5	<10	-	0,35	0,03	36,8	4,0
571	<0,08	-	39,1	4,0	22,0	2,0	0,16	0,02	75,4	7,5
574	<0,08	-	71,4	7,0	23,2	2,5	0,11	0,01	65,9	6,5
297	<0,08	-	32,6	3,5	22,9	2,5	0,40	0,05	57,2	6,0
526	<0,08	-	12,9	1,5	<10	-	0,86	0,10	8,5	1,0
535	<0,08	-	81,8	8,0	22,7	2,5	<0,05	-	60,0	6,0
536	<0,08	-	147	15	28,8	3,0	0,06	0,01	53,7	5,5
567	<0,08	-	12,0	1,0	19,8	2,0	0,07	0,01	65,3	6,5
572	<0,08	-	27,6	3,0	<10	-	0,55	0,05	54,4	5,5
358	<0,08	-	18,2	2,0	16,7	2,0	0,19	0,02	72,2	7,0

Tabla 11 : Resultados de parámetros físico-químicos de aguas del SAR (datos recopilados y seleccionados del Proyecto RLA/8/031)

No. Campo	Muestra	X_utm	Y_utm	Fecha de muestreo	T_campo (°C)	pH_campo	Cond_campo (µS/cm)	Dureza (mg/L CaCO ₃)	Alcalinidad Total (mg/L CaCO ₃)	Bicarbonato (mg/L HCO ₃ ⁻)
5	39	511.634	6.168.428	28-09-00	19,6	7,3	804	187	349	425,7
2	7	534.806	6.167.333	24-05-00	23,2	7,1	724	277	344	419,68
9	109	518.621	6.179.775	18-05-01	18,1	7	964	334	425	518,5
2	6	534.319	6.166.955	25-05-00	18,3	7,1	1566	409	384	468,48
3	1	555.937	6.152.304	26-06-00	12	6,9	583	111	141	172,02
12	14	515.068	6.181.941	12-11-03	18,4	7	884	245,8	351	428,22
3	19	537.834	6.163.509	27-06-00	17,9	7,2	1414	294	297	362,34
9	93	527.928	6.172.664	18-05-01	18,4	7,4	998	234	361	440,42
12	34	541.156	6.169.252	13-11-03	18,5	7,1	758	147,48	284	346,48
9	99	521.025	6.161.369	11-05-01		7,7	1286	155	426	519,72
8	516	512.170	6.186.169	18-09-02	18,4	7,3	988	202	337	411,14
8	122	543.782	6.158.446	16-09-02	11,4	7,6	957	194	328	400,16
5	36	517.702	6.191.787	29-09-00	20,1	7,2	1024	216	420	512,888
1	18	521.644	6.183.199	13-04-00	18,7	7,4	664	145	263	320,86
1	13	529.217	6.169.175	12-04-00	18,8	7,1	1259	278	388	473,36
1	5	543.285	6.157.293	10-04-00	18,2	6,9	1092	90	281	342,82
3	15	526.321	6.177.088	28-06-00	17,5	7	558	139	208	253,76
5	38	516.862	6.169.508	28-09-00	18,9	7,2	847	192	338	412,87484
3	20	537.247	6.162.657	27-06-00	17,9	7,2	911	201	297	362,34
5	30	546.476	6.155.999	25-09-00	18,5	6,5	604	73	135	164,12416
2	21	537.148	6.163.180	24-05-00	18,4	7,4	1365	276	310	378,2
5	33	534.556	6.161.693	29-09-00	20,4	6,9	683	127	259	315,42612
12	32	540.950	6.165.800	13-11-03	17,6	7	989	220,46	266	324,52

Tabla 11 : Continuación

No. Campo	Muestra	Cloruros (mg/L Cl ⁻)	Nitratos (mg/L NO ₃ ⁻)	Sulfatos (mg/L SO ₄ ²⁻)	Sílice (mg/L)	Calcio (mg/L) Ca ⁺²	Magnesio (mg/L) Mg ⁺²	Sodio (mg/L Na ⁺)	Potasio (mg/L K ⁺)
5	39	28	24	25		45,8	16,2	101	10,1
2	7	75	19,6	18,7	52,4	79,3	22,0	89	5,1
9	109	50	39	29		91,5	27,89	100,0	
2	6	192	44	60,3	61,3	124,1	35,7	134	6,2
3	1	49	19	15,2		31,8	7,6	57	9,0
12	14	41	66	20	63,8	63,8	21	105,5	6,1
3	19	197	16	32,2	61,2	76,1	25,3	146	7,0
9	93	118	7,5	37,2		65,2	18,56	164,1	3,5
12	34	38	21	31	59	39,6	11,8	105	4,5
9	99	80	52	32,4		37,2	16,91	215,7	11,7
8	516	73	27,7	62,4	70,5	50,7	19,8	149,2	2,3
8	122	95	30,8	24,2	67,3	45,3	21,5	141,9	6,8
5	36	16	17,5	48	68,1	57,9	14,7	136	2,4
1	18	24	21,2	5		39,4	12,7	84	2,5
1	13	105	29,8	90,2		83,5	27,2	152	4,2
1	5	69	61,4	40,1		38,6	14,3	136	9,5
3	15	16	33,2	13,2	62,7	40,4	10,4	60	6,0
5	38	45	26,9	28,9		46,7	15,8	110	6,7
3	20	51	35,2	20,7		52,7	16,0	98	7,2
5	30	53	35	24,5		14,8	5,3	89	6,9
2	21	179	25,4	53		78,2	23,8	166	7,6
5	33	24	28,3	9,5		29,1	11,4	88	8,0
12	32	108	31	37	59,8	58,6	18	112,7	6,8

Tabla 11 : Continuación

No. Campo	Muestra	X_utm	Y_utm	Fecha de muestreo	T_campo (°C)	pH_campo	Cond_campo (µS/cm)	Dureza (mg/L CaCO ₃)	Alcalinidad Total (mg/L CaCO ₃)	Bicarbonato (mg/L HCO ₃ ⁻)
8	37	533.202	6.176.044	24-09-02	18,2	6,8	783	238	247	301,34
8	12	525.012	6.167.801	24-09-02	19,5	7,4	1415	327	368	448,96
12	152	553.071	6.180.677	11-11-03	19,4	6,9	1716	297,4	651	794,22
9	81	532.620	6.162.377	18-05-01	17,6	7,5	811	202	285	347,7
12	LB1	524.095	6.175.457	10-11-03	20	7	970	265,65	405	494,1
3	31	553.119	6.154.330	30-06-00	18,3	7,4	658	66	136	165,92
K	S/N	531.041	6.179.984	01-08-02		7,3	802	73	313	381,86
8	531	537.163	6.190.459	23-09-02	18,4	7,3	596	135	278	339,16
5	28	553.601	6.155.542	25-09-00	19	7,2	750	85	132	161,6
5	27	521.985	6.180.865	27-09-00	20,1	7,1	666	206	307	374,4
8	111	514.923	6.173.075	11-10-02	20,2	7,4	755	164	374	456,3
1	10	522.499	6.160.545	12-04-00	19,1	7,8	1407	199	376	458,7
12	123	534.643	6.166.644	11-11-03	18,9	7,1	2822	692,12	405	494,1
10	35	522805	6161096	21-05-03	18,6	7,5	1320	122	456	556,3
6	49	534.497	6.168.335	29-11-00	16,8		1597	390	416	507,5
2	8	549.822	6.155.066	24-05-00	20	7,1	1001	181	234	285,5
2	9	551.244	6.158.031	23-05-00	18,8	6,9	584		176	214,7
2	4	549.387	6.158.340	23-05-00	18,3	6,6	614		158	192,8
4	3	549.988	6.158.065	24-07-00	17,8	6,6	364	79	101	123,2
2	2	550.711	6.157.349	23-05-00	18,6	6,4	353		110	134,2
8	332	551.328	6.158.164	10-10-02	18,8	6,6	526	101	158	192,8
10	42	551.925	6.157.971	03-06-03	18,6	6,7	538	100	147	179,3
10	214	503.930	6.186.199	19-05-03	18,4	7,4	1051	132	460	560,74

Tabla 11 : Continuación

No. Campo	Muestra	Cloruros (mg/L Cl ⁻)	Nitratos (mg/L NO ₃ ⁻)	Sulfatos (mg/L SO ₄ ²⁻)	Sílice (mg/L)	Calcio (mg/L) Ca ⁺²	Magnesio (mg/L) Mg ⁺²	Sodio (mg/L Na ⁺)	Potasio (mg/L K ⁺)
8	37	50	78,7	23,2	53,7	53,1	18,6	77,4	7,1
8	12	208	20,2	39,8	64,7	77,3	30,0	176,4	6,0
12	152	79	34	132		68,3	30,8	284,4	5,5
9	81	78	5,4	12,6		54,3	15,13	101,8	6,4
12	LB1	43	12	77		70,1	22	116	1,3
3	31	97	4,4	12,4		13,8	6,1	101	7,2
K	S/N	25	17,1			21	6,4	152,1	2,0
8	531	21	10,7	10,9	64,7	37,1	8,4	83,6	10,7
5	28	106	13,2	18,7		16,7	8,1	103	7,5
5	27	18,7	18,1	18,4	64,3	54,5	15,2	72	1,9
8	111	22	13,0	7,2	61,4	44,1	15,7	113,6	4,8
1	10	177	2,2	70		60,7	19,9	211	8,5
12	123	494	78	300	60,4	179,2	59,4	379,9	5,3
10	35	113	51,0	30	62,8	38,4	9,8	252,2	3,5
6	49	140	52						
2	8	55	19,2	14,8	74,9	61,1	8,4	67	7,2
2	9	53	9,5	20		38,6	9,4	59	7,5
2	4	71	21,8	17,3		25,7	9,0	83	8,4
4	3	27	15,5	21,8		19,8	5,7	42	9,3
2	2	26	11,4	9,7	51,2	21,5	6,0	36	7,3
8	332	54	20,6	20	55,6	27,5	8,2	72,5	9,5
10	42	39	39,0	31	56,5	33,9	6,7	67,3	6,3
10	214	30	41	49	67,4	42,6	9,9	200,2	3,8

Tabla 12 : Resultados de parámetros físico-químicos de aguas del SAR (datos recopilados del Proyecto Prenader, Consultora Carballo-INYPSA)

CÓDIGO	FECHA	Campo (°C)	pH_campo	Cond_campo (µS/cm)	Dureza (mg/L CaCO3)	Sólidos totales (mg/L)	Calcio (mg/L Ca ⁺³)	Magnesio (mg/L Mg ⁺²)	Sodio (mg/L Na ⁺)
INP_21	1995	20	7,50	628	49	945	45,3	20,2	179
INP_23	1995	20	7,86	914	49	1150	42,0	21,9	166
INP_36	1995	21	7,42	710	64	965	68,0	21,1	80
INP_42	1995	20	7,59	1115	45	1325	46,5	15,1	215
INP_53	1995	20	7,50	910	58	1190	60,0	19,5	116
INP_57	1995	17	7,51	649	47	770	47,3	16,7	84
INP_63	1995	20	7,35	617	47	860	45,3	18,4	66
INP_69	1995	20	7,61	1060	36	1255	31,5	15,7	185
INP_85	1995	19	7,58	759	60	1175	63,8	19,3	105
INP_88	1995	21	7,81	787	44	1025	41,5	17,9	128
INP_106	1995	19	7,11	799	29	1255	24,9	12,9	133
INP_118	1995	19	7,75	1022	37	1140	34,5	15,2	185
INP_122	1995	19	7,16	586	32	795	29,5	12,9	98
INP_148	1995	20	7,85	2380	62	3800	59,1	24,2	625
INP_149	1995	21	7,44	1473	76	1680	76,3	28,0	193
INP_151	1995	20	7,49	1858	134	2830	131,6	50,3	197
INP_220	1995	21	7,49	532	40	775	43,7	12,8	47
INP_300	1995	19	7,51	761	47	1215	45,9	17,4	106
INP_302	1995	20	7,67	795	43	1015	42,3	15,9	117
INP_306	1995	19	7,26	938	50	1210	50,1	18,2	151
INP_307	1995	20	7,38	752	53	905	51,7	19,2	97
INP_320	1995	19	7,44	921	52	1375	60,9	14,0	140
INP_321	1995	19	7,43	519	29	770	27,4	11,4	75
INP_324	1995	20	7,67	762	45	965	47,8	14,8	104
INP_327	1995	20	7,84	1748	78	2180	65,0	36,0	311
INP_340	1995	19	7,38	954	25	1490	20,5	12,2	217

Tabla 12 : Continuación

CÓDIGO	Potasio (mg/L K ⁺)	Bicarbonato (mg/L HCO ₃ ⁻)	Nitratos (mg/L NO ₃ ⁻)	Cloruros (mg/L Cl ⁻)	Sulfatos (mg/L SO ₄ ²⁻)
INP_21	3	523,6	55,50	74,4	31,5
INP_23	6	460,1	20,06	69,5	23,5
INP_36	8	408,6	24,14	24,0	17,3
INP_42	5	462,1	28,26	110,4	61,9
INP_53	12	398,1	20,86	57,5	63,1
INP_57	6	362,6	19,26	73,2	17,2
INP_63	3	330,6	34,06	19,1	12,5
INP_69	6	427,2	43,98	88,8	70,0
INP_85	8	385,0	49,16	67,0	29,5
INP_88	2	371,1	23,70	67,5	24,2
INP_106	6	300,7	33,95	94,8	40,6
INP_118	6	430,4	23,80	70,6	91,2
INP_122	9	310,9	18,60	38,4	14,2
INP_148	23	682,1	50,23	604,7	152,6
INP_149	9	529,6	50,98	169,5	83,0
INP_151	11	472,3	52,36	368,0	51,7
INP_220	6	208,3	24,34	59,8	14,7
INP_300	3	321,5	21,74	87,8	16,7
INP_302	3	327,9	26,84	90,3	19,7
INP_306	9	422,8	26,68	74,1	41,3
INP_307	9	379,2	31,07	37,4	20,7
INP_320	5	386,2	43,14	116,9	29,5
INP_321	6	212,5	23,34	61,0	11,7
INP_324	8	333,7	36,74	65,9	25,7
INP_327	15	518,1	19,26	221,3	232,2
INP_340	4	227,9	15,81	210,8	23,7

Tabla 12 : Continuación

Codigo	Fecha de muestreo	T_campo (°C)	pH_campo	Cond_campo (µS/cm)	Dureza (mg/L CaCO3)	Sólidos totales (mg/L)	Calcio (mg/L Ca ⁺³)	Magnesio (mg/L Mg ⁺²)	Sodio (mg/L Na ⁺)
INP_341	1995	19	7,55	618	24	805	25,1	7,8	101
INP_345	1995	20	8,41	913	38	1060	34,8	15,8	138
INP_354	1995	19	7,57	835	44	1200	45,7	14,6	142
INP_356	1995	19	7,53	1122	61	1635	59,8	23,2	171
INP_357	1995	20	7,36	766	30	1145	29,0	11,7	112
INP_358	1995	19	7,18	815	64	1095	54,2	28,9	88
INP_361	1995	18	7,21	650	37	830	37,6	13,4	110
INP_362	1995	20	7,47	900	64	1040	55,5	28,6	108
INP_378	1995	19	7,32	698	43	910	42,5	15,8	93
INP_382	1995	20	7,33	731	45	940	47,3	15,1	101
INP_385	1995	19	7,42	1183	67	1540	59,4	28,8	185
INP_394	1995	20	7,18	636	57	945	62,7	17,5	53
INP_396	1995	21	7,56	999	56	1540	53,9	21,7	143
INP_413	1995	18	7,61	878	41	1070	37,8	17,1	141
INP_422	1995	19	7,78	954	52	1300	50,4	19,8	246
INP_445	1995	19	6,94	1116	48	1585	47,8	18,1	167
INP_447	1995	22	8,23	2640	28	2955	20,4	14,4	591
INP_448	1995	21	7,66	689	34	1000	34,9	11,7	97
INP_449	1995	20	6,85	710	31	890	29,9	12,0	121
INP_451	1995	20	7,23	1303	81	1580	85,2	27,4	177
INP_453	1995	19	7,20	710	48	1100	50,1	16,5	70
INP_455	1995	20	7,86	637	61	970	73,5	14,3	58
INP_456	1995	22	6,53	186	18	270	24,3	2,9	10
INP_458	1995	20	7,55	1215	46	1885	41,5	19,9	223
INP_459	1995	21	7,93	1388	44	1880	41,8	17,7	273

Tabla 12 : Continuación

Codigo	Potasio (mg/L K ⁺)	Bicarbonato (mg/L HCO ₃ ⁻)	Nitratos (mg/L NO ₃ ⁻)	Cloruros (mg/L Cl ⁻)	Sulfatos (mg/L SO ₄ ²⁻)
INP_341	9	196,3	45,86	73,5	29,1
INP_345	8	325,0	24,43	131,5	22,7
INP_354	3	379,7	31,14	70,0	18,2
INP_356	6	441,7	35,88	161,5	26,8
INP_357	6	272,4	18,98	62,0	44,8
INP_358	3	402,9	42,85	65,4	17,6
INP_361	7	357,7	24,14	47,9	16,1
INP_362	8	397,4	21,99	109,2	23,1
INP_378	8	318,8	9,56	83,3	8,1
INP_382	4	354,6	46,31	34,7	24,3
INP_385	8	539,6	12,62	141,4	52,6
INP_394	3	337,6	22,98	18,7	12,7
INP_396	5	367,5	41,99	147,8	29,9
INP_413	9	395,2	27,53	85,0	24,3
INP_422	10	514,8	23,38	232,3	31,8
INP_445	10	347,4	31,80	170,9	58,6
INP_447	26	548,9	4,87	569,2	221,1
INP_448	4	216,9	31,27	87,1	29,3
INP_449	8	319,4	4,62	86,4	20,7
INP_451	11	479,0	49,16	170,9	102,5
INP_453	3	350,5	21,88	50,7	23,1
INP_455	11	238,9	13,39	86,7	62,6
INP_456	2	55,8	7,57	18,8	17,9
INP_458	8	577,0	15,50	126,7	55,2
INP_459	6	556,8	49,12	165,5	95,8

Tabla 13 : Datos físico-químicos de perforaciones de OSE

Codigo	Localidad	Fecha	pH	Cond. (µS/cm)	Dureza (mg/L CaCO ₃)	Alcalinidad Total (mg/L CaCO ₃)	Na (mg/L Na ⁺)	Cloruros (mg/L Cl ⁻)	Nitrato (mg/L NO ₃ ⁻)	Sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻)	Fluoruro (mg/L F ⁻)
90.2.007	Cañada Grande	29/8/2012	7,1	646	126	218	92	45	19	21	<0,50
89.1.001	Capurro	17/4/2013	7	870	219	338	115	51	17	38	<0,50
97.1.008	Ciudad del Plata	18/6/2012									<0,50
97.1.009	Ciudad del Plata	20/2/2013									<0,50
97.1.015	Ciudad del Plata	15/7/2011					95				
97.1.016	Ciudad del Plata	15/7/2011					37				
97.1.025	Ciudad del Plata	6/9/2012					182				
97.1.026	Ciudad del Plata	21/8/2012					98				
97.1.031	Ciudad del Plata	29/8/2012					48				
90.3.010	Cololó	9/1/2013	7	988	246	297	94	105	21	38	<0,50
90.4.001	Colonia Vicente Pérez	13/6/2013	7	755	184	330	101	17	31	15	<0,50
89.1.005	Cuchilla Del vichadero	27/5/2013	7,7	1414	274	329	227	140	17	137	<0,50
90.3.018	Kiyú	12/7/2013	7,4	766	207	346	93	17	33	16	<0,50
90.3.025	Kiyú	20/9/2014	7,2	1163	231	386	153	98	26	49	0,6
90.3.028	Kiyú	21/4/2016	7,3	1099	245	445	182	62	28	49	<0,5
90.3.030	Kiyú	25/5/2022					79				
90.3.031	Kiyú	14/2/2017					98				
90.3.012	Kiyú	12/7/2013									0,61
90.3.006	Libertad	4/7/2013	7,3	1083	269	377	138	109	19	35	<0,50
90.3.001	Libertad	12/7/2013	7,1	1297	419	404	126	99	66	77	<0,50
90.3.002	Libertad	29/6/2009	7,1		502	448	144			89	<0,50
90.3.004	Libertad										<0,50
90.3.008	Libertad	20/8/2013	7,3	1232	262	439	144	126	20	39	<0,50
90.3.009	Libertad	12/6/2013	7,2	2191					59		
90.3.014	Libertad	15/8/2013	7,3	1402	374	362		221	7,5	47	<0,50
90.3.017	Libertad	20/8/2013	7,3	777	236	347	110	47	4,4	12	<0,50
90.3.019	Libertad	31/7/2013	7,2	1070					4,4		
90.3.020	Libertad	5/3/2010					127				
90.3.021	Libertad	26/10/2010					89				
82.3.012	Paso del Carreton	1/3/2012					436				
89.1.002	Pueblo Nuevo	7/3/2012					134				
90.2.008	Puntas de Cañada Grande	27/9/2012	7,2	859	175	366	129		17		
1155	Puntas de Valdez	3/5/2012	7,2	937	253	329	59	71	31	23	<0,51
90.3.003	Puntas de Valdez										<0,50
90.2.002	Radial	20/8/2013									0,51
90.2.001	Rafael Perazza	17/4/2013	7	800	290	368	57	22	26	18	<0,50
89.1.006	Rincón de Albano	3/5/2013	7,2	1040	216	441	155	53	15	35	0,52
90.2.009A	Rincón de la Torre	10/4/2013	6,9	747	146	299	116	41	17	25	0,57
90.2.006	Rincón del Pino	23/8/2012	7	804	213	314	88	29	62	22	<0,50
82.3.001	Rodríguez	17/4/2013	7,1	1190	302	377	129	100	51	56	<0,50
82.3.005	Rodríguez	17/4/2013	7,3	995	205	362	150	58	30	48	<0,50
82.3.009	Rodríguez	17/4/2013	7,2	953	254	320	114	70	22	91	<0,50
90.2.010	Sauce	23/5/2013	7,2	538	163	212	47	15	34	16	<0,50
90.2.003	Villa María	17/4/2013									0,51

Tabla 14 : Resultados de análisis de metales trazas de agua del SAR_Dinamige

CÓDIGO	FECHA	DATOS DE CAMPO			Be	V		Cr		Mn		Co		Ni		Cu	
		T (°C)	pH	Cond. (µS/cm)		Valor	±	Valor	±	Valor	±	Valor	±	Valor	±	Valor	±
Dgua_173	19/11/2020	20,0	7,42	1362	ND	45,5	3,9	< 3	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_188	18/11/2020	20,0	7,19	685	ND	43,5	3,7	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_188B ⁽¹⁾	30/6/2021	15,8	7,23	642	ND	35,1	4,3	< 3	-	< 15	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_192	12/11/2020	20,1	7,48	1482	ND	48,0	4,1	< 3	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_197	18/11/2020	20,0	7,20	944	ND	32,0	2,7	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_216	16/11/2020	19,3	7,17	629	ND	25,8	2,2	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_227	16/11/2020	19,0	7,42	940	ND	35,0	3,0	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_241	16/11/2020	19,5	7,14	974	ND	38,3	3,3	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_260	13/11/2020	19,8	7,70	860	ND	29,5	2,5	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_284	13/11/2020	20,1	7,40	991	ND	42,2	3,6	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_363	16/11/2020	20,0	7,50	1570	ND	44,8	3,8	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_363B ⁽¹⁾	29/6/2021	16,4	7,44	1539	ND	41,4	5,1	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_37 *	11/11/2020	20,2	7,28	962	ND	46	3,9	ND	-	103	9	2,3	0,2	< 10	-	ND	-
Dgua_385	11/11/2020	19,4	7,12	892	ND	30,9	2,6	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_389	17/11/2020	19,7	7,44	1884	ND	48,6	4,1	< 3	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_393	19/11/2020	20,0	7,37	844	ND	37,4	3,2	< 3	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_479	17/11/2020	20,0	6,89	804	ND	31,6	2,7	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_485	17/11/2020	18,9	7,74	750	ND	41,7	3,5	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_491	16/11/2020	19,4	7,70	971	ND	49,0	4,2	< 3	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_491B ⁽¹⁾	29/6/2021	17,6	7,47	966	ND	49,7	6,1	< 3	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_83	12/11/2020	20,0	7,32	2202	ND	67,4	5,7	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_83B ⁽³⁾	30/6/2021	17,1	7,39	1763	ND	57,9	7,1	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_83C ⁽³⁾	30/6/2021	-	-	-	ND	57,8	7,1	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Din A 366	13/11/2020	20,0	7,62	1064	ND	37,0	3,1	< 3	-	ND	-	ND	-	ND	-	18,4	1,9
Din A 372	17/11/2020	20,0	7,31	793	ND	46,8	4,0	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Din A 372B ⁽³⁾	1/7/2021	17,4	7,72	764	ND	47,9	5,9	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Din A 372C ⁽³⁾	1/7/2021	-	-	-	ND	45,8	5,6	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Din A 924	19/11/2020	19,6	7,50	1174	ND	45,6	3,9	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Din A 99	11/11/2020	21,0	7,32	2285	ND	51,4	4,4	< 3	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Din A 99B ⁽¹⁾	30/6/2021	17,6	7,34	2148	ND	50,6	6,2	< 3	-	< 15	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_261	29/6/2021	18	7,87	1697	ND	68,8	8,5	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_213	29/6/2021	16,7	7,74	816	ND	35,9	4,4	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_306	29/6/2021	18	7,88	960	ND	27,5	3,4	ND	-	< 15	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_48	30/6/2021	16,1	7,4	608	ND	30,9	3,8	ND	-	< 15	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_305	30/6/2021	16,9	7,34	713	ND	38,9	4,8	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_13	30/6/2021	16,6	7,68	833	ND	45,6	5,6	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Dgua_487	30/6/2021	17,8	7,4	723	ND	26,7	3,3	ND	-	102	9	0,7	0,1	ND	-	ND	-
Dgua_214	30/6/2021	13,1	7,56	1215	ND	38,5	4,7	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	< 15	-

Tabla 14: Continuación

CÓDIGO	Zn		As		Se		Mo	Ag	Cd	Sb	Ba		Tl	Pb	Th	U		Hg
	Valor	±	Valor	±	Valor	±					Valor	±				Valor	±	
Dgua_173	ND	-	15,9	2,7	2,3	0,1	< 3	ND	ND	ND	131	11	ND	ND	ND	7,3	0,2	ND
Dgua_188	ND	-	19,1	3,2	1,1	0,1	< 3	ND	ND	ND	118	10	ND	ND	ND	6,0	0,2	ND
Dgua_188B ⁽¹⁾	ND	-	15,5	2,6	0,8	0,5	ND	ND	ND	ND	103	9	ND	ND	ND	3,0	0,1	ND
Dgua_192	ND	-	19,9	3,3	3,0	0,2	< 3	ND	ND	ND	118	10	ND	ND	ND	9,2	0,3	ND
Dgua_197	106	6	12,1	2,0	2,0	0,1	ND	ND	ND	ND	208	17	ND	ND	ND	5,0	0,1	ND
Dgua_216	<15	-	12,6	2,1	1,1	0,1	ND	ND	ND	ND	105	9	ND	ND	ND	2,7	0,1	ND
Dgua_227	ND	-	11,5	1,9	1,9	0,1	ND	ND	ND	ND	250	21	ND	ND	ND	6,9	0,2	ND
Dgua_241	ND	-	14,3	2,4	2,8	0,2	< 3	ND	ND	ND	194	16	ND	ND	ND	6,6	0,2	ND
Dgua_260	ND	-	11,0	1,8	1,5	0,1	ND	ND	ND	ND	194	16	ND	ND	ND	4,7	0,1	ND
Dgua_284	33,8	2,0	14,2	2,4	1,5	0,1	ND	ND	ND	ND	286	24	ND	< 3	ND	7,7	0,2	ND
Dgua_363	18,6	1,1	17,9	3,0	3,4	0,2	< 3	ND	ND	ND	136	11	ND	ND	ND	13,5	0,4	ND
Dgua_363B ⁽¹⁾	57,7	3,3	16,5	2,8	3,4	0,2	< 3	ND	ND	ND	144	12	ND	ND	ND	12,8	0,4	ND
Dgua_37 *	ND	-	14,8	2,5	ND		ND	ND	ND	ND	309	26	ND	ND	ND	5,5	0,2	-
Dgua_385	ND	-	10,2	1,7	1,8	0,1	ND	ND	ND	ND	338	28	ND	ND	ND	2,1	0,1	ND
Dgua_389	ND	-	14,5	2,4	3,5	0,2	< 3	ND	ND	ND	25,2	2,1	ND	ND	ND	20,7	0,6	ND
Dgua_393	ND	-	10,4	1,7	2,0	0,1	ND	ND	ND	ND	325	27	ND	ND	ND	7,9	0,2	ND
Dgua_479	ND	-	11,3	1,9	1,9	0,1	ND	ND	ND	ND	273	23	ND	ND	ND	2,3	0,1	ND
Dgua_485	<15	-	11,2	1,9	1,2	0,1	< 3	ND	ND	ND	187	16	ND	ND	ND	6,5	0,2	ND
Dgua_491	ND	-	20,8	3,5	2,0	0,1	< 3	ND	ND	ND	87,0	7,3	ND	ND	ND	7,1	0,2	<0.6
Dgua_491B ⁽¹⁾	ND	-	21,7	3,6	1,9	0,1	< 3	ND	ND	ND	91,6	7,7	ND	ND	ND	7,6	0,2	ND
Dgua_83	ND	-	25,3	4,3	5,4	0,3	< 3	ND	ND	ND	17,7	1,5	ND	ND	ND	29,6	0,9	ND
Dgua_83B ⁽³⁾	ND	-	20,6	3,5	3,1	0,2	< 3	ND	ND	ND	34,8	2,9	ND	ND	ND	22,2	0,6	ND
Dgua_83C ⁽³⁾	ND	-	20,2	3,4	2,9	0,2	< 3	ND	ND	ND	36,2	3,0	ND	ND	ND	22,1	0,6	ND
Din A 366	15,3	0,9	10,9	1,8	1,8	0,1	ND	ND	ND	ND	93,0	7,8	ND	< 3	ND	5,9	0,2	ND
Din A 372	16,0	0,9	17,3	2,9	1,1	0,1	< 3	ND	ND	ND	205	17	ND	ND	ND	8,3	0,2	ND
Din A 372B ⁽³⁾	<15	-	18,8	3,2	1,2	0,1	< 3	ND	ND	ND	227	19	ND	ND	ND	7,8	0,2	ND
Din A 372C ⁽³⁾	ND	-	17,6	3,0	1,1	0,1	< 3	ND	ND	ND	212	18	ND	ND	ND	7,6	0,2	ND
Din A 924	ND	-	14,6	2,5	2,8	0,2	ND	ND	ND	ND	109	9	ND	ND	ND	7,6	0,2	ND
Din A 99	103	6	19,5	3,3	3,9	0,2	< 3	ND	ND	ND	30,1	2,5	ND	ND	ND	20,2	0,6	ND
Din A 99B ⁽¹⁾	78,0	4,5	17,7	3,0	3,7	0,2	< 3	ND	ND	ND	28,9	2,4	ND	ND	ND	19,9	0,6	ND
Dgua_261	ND	-	34,5	5,8	1,9	0,1	6,2	ND	ND	ND	40,5	3,4	ND	ND	ND	23,9	0,7	ND
Dgua_213	ND	-	13,1	2,2	1,3	0,1	< 3	ND	ND	ND	154	13	ND	ND	ND	5,6	0,2	ND
Dgua_306	ND	-	11,8	2,0	2,2	0,1	< 3	ND	ND	ND	64,1	5,4	ND	ND	ND	9,4	0,3	ND
Dgua_48	24,9	1,4	12,1	2,0	0,6	0,1	< 3	ND	ND	ND	150	13	ND	ND	ND	3,5	0,1	ND
Dgua_305	ND	-	13,0	2,2	1,0	0,1	< 3	ND	ND	ND	126	11	ND	ND	ND	5,8	0,2	ND
Dgua_13	ND	-	16,9	2,8	0,9	0,1	< 3	ND	ND	ND	193	16	ND	ND	ND	6,5	0,2	<0.6
Dgua_487	ND	-	5,9	1,0	1,8	0,1	ND	ND	ND	ND	202	17	ND	ND	ND	2,2	0,1	<0.6
Dgua_214	<15	-	15,3	2,6	1,6	0,1	< 3	ND	ND	ND	68,0	5,7	ND	ND	ND	16,2	0,5	ND

Tabla 14: Continuación

CÓDIGO	FECHA	DATOS DE CAMPO				Be	V		Cr	Mn		Co	Ni		Cu
		T (°C)	pH	Cond. (µS/cm)	Valor		±	Valor		±	Valor		±	Valor	
Dgua_213_bis	1/7/2021	18,5	7,65	2061	ND	63,8	7,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_326	2/7/2021	17,2	7,41	743	ND	33,8	4,2	5,5	0,5	<15	ND	8,3	0,9	ND	
Dgua_326B ⁽²⁾	2/7/2021	-	-	-	ND	32,8	4,0	5,5	0,5	<15	ND	7,9	0,8	ND	
Dgua_52	27/7/2021	16,6	7,72	1329	ND	69,7	8,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_132	27/7/2021	17	7,58	584	ND	21,1	2,6	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
1466	30/6/2023	17,5	7,46	984	ND	46,2	5,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_131	27/6/2023	17,7	7,53	685	ND	30,9	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_273	26/6/2023	18	7,81	929	ND	30,7	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_287	27/6/2023	17,9	7,69	1302	ND	97,8	10,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_304	26/6/2023	16	7,36	788	ND	43,2	4,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_307	28/6/2023	18,9	7,18	712	ND	29,9	3,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_339	26/6/2023	18,5	7,48	997	ND	49,1	5,4	ND	37,2	5,1	ND	ND	ND	ND	
Dgua_354	27/6/2023	19	7,53	796	ND	46,6	5,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_355	27/6/2023	17,8	7,29	851	ND	33,6	3,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_356	29/6/2023	15,7	7,36	1257	ND	47,6	5,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_359	28/6/2023	19	6,97	973	ND	37,5	4,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_381	26/6/2023	18,5	7,37	1014	ND	52,5	5,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_384	30/6/2023	18,9	7,42	1246	ND	67,4	7,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_387	27/6/2023	18	7,31	910	ND	45,2	5,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_391	28/6/2023	17	7,66	843	ND	34,8	3,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_42	29/6/2023	18,6	7,61	1256	ND	74,0	8,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_429	26/6/2023	18	7,37	738	ND	43,1	4,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_47	27/6/2023	17,8	7,4	671	ND	38,9	4,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_50	29/6/2023	17	7,21	907	ND	36,6	4,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_530	28/6/2023	19	6,92	742	ND	25,5	2,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_54	28/6/2023	18,5	7,28	885	ND	44,2	4,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_7	29/6/2023	17,5	7,16	705	ND	31,0	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dgua_84	28/6/2023	17	7,19	1055	ND	43,6	4,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
N3	29/6/2023	16,2	7,86	801	ND	51,3	5,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
N6	30/6/2023	14,7	7,41	513	ND	35,6	3,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Ara_1	29/8/203	18	7,32	973	ND	44,2	4,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Ara_2 ⁽²⁾	29/8/203	-	-	-	ND	43,0	4,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
N1	3/11/2023	18	7	733	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
USA 7	3/11/2023	18	8	878	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1322	3/11/2023	18	7	988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
N8	1/11/2023	17	7	2204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pre_16	1/11/2023	18	8	1197	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabla 14: Continuación

CÓDIGO	Zn		As		Se		Mo	Ag	Cd	Sb	Ba		Tl	Pb	Th	U		Hg
	Valor	±	Valor	±	Valor	±					Valor	±				Valor	±	
Dgua_213_bis	ND	-	20,6	3,5	2,7	0,2	<3	ND	ND	ND	34,9	2,9	ND	ND	ND	33,6	1,0	ND
Dgua_326	79,8	4,6	15,7	2,6	1,4	0,1	<3	ND	ND	ND	61,0	5,1	ND	ND	ND	2,1	0,1	ND
Dgua_326B ⁽²⁾	78,2	4,5	15,2	2,6	1,5	0,1	<3	ND	ND	ND	61,5	5,2	ND	ND	ND	2,2	0,1	ND
Dgua_52	ND	-	25,8	4,3	2,6	0,2	<3	ND	ND	ND	104	9	ND	ND	ND	14,6	0,4	ND
Dgua_132	ND	-	12,6	2,1	0,8	0,1	<3	ND	ND	ND	75,4	6,3	ND	ND	ND	2,5	0,1	ND
1466	90	-	13,7	2,3	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	210	1,7	ND	ND	ND	7,6	0,6	ND
Dgua_131	ND	-	10,0	1,7	<3,0	-	ND	ND	ND	ND	138	11	ND	ND	ND	3,0	0,2	ND
Dgua_273	ND	-	11,4	1,9	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	110	9	ND	ND	ND	7,0	0,6	ND
Dgua_287	<90	-	40,6	6,7	<3,0	-	4,1	ND	ND	ND	22	2	ND	ND	ND	18	2	ND
Dgua_304	ND	-	14,6	2,4	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	152	12	ND	ND	ND	5,7	0,5	ND
Dgua_307	ND	-	11,6	1,9	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	108	9	ND	ND	ND	6,8	0,6	ND
Dgua_339	94	-	15,9	2,6	3,4	0,4	ND	ND	ND	ND	313	25	ND	ND	ND	7,9	0,7	ND
Dgua_354	ND	-	15,5	2,6	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	271	21	ND	ND	ND	9,2	0,8	ND
Dgua_355	ND	-	8,9	1,5	<3,0	-	ND	ND	ND	ND	106	8	ND	ND	ND	2,6	0,2	ND
Dgua_356	ND	-	14,9	2,5	3,5	0,4	<3,0	ND	ND	ND	89	7	ND	ND	ND	16	1	ND
Dgua_359	ND	-	13,5	2,2	3,2	0,3	<3,0	ND	ND	ND	198	16	ND	ND	ND	5,3	0,4	ND
Dgua_381	ND	-	23,3	3,9	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	146	12	ND	ND	ND	6,7	0,6	ND
Dgua_384	90	-	27,8	4,6	4,0	0,4	4,0	ND	ND	ND	157	12	ND	ND	ND	9,6	0,8	ND
Dgua_387	ND	-	13,0	2,2	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	188	15	ND	ND	ND	5,8	0,5	ND
Dgua_391	ND	-	14,8	2,5	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	133	11	ND	ND	ND	8,1	0,7	ND
Dgua_42	<90	-	32,9	5,5	3,1	0,3	5,1	ND	ND	ND	100	8	ND	ND	ND	19	2	ND
Dgua_429	ND	-	15,0	2,5	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	196	15	ND	ND	ND	4,7	0,4	ND
Dgua_47	ND	-	16,6	2,8	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	140	11	ND	ND	ND	4,5	0,4	ND
Dgua_50	ND	-	10,1	1,7	<3,0	-	ND	ND	ND	ND	202	16	ND	ND	ND	9,4	0,8	ND
Dgua_530	ND	-	10,5	1,7	<3,0	-	ND	ND	ND	ND	210	17	ND	ND	ND	4,2	0,3	ND
Dgua_54	ND	-	15,9	2,6	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	116	9	ND	ND	ND	8,4	0,7	ND
Dgua_7	ND	-	13,3	2,2	3,2	0,3	ND	ND	ND	ND	189	15	ND	ND	ND	1,1	0,1	ND
Dgua_84	ND	-	17,4	2,9	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	206	16	ND	ND	ND	12	1	ND
N3	ND	-	21,4	3,5	<3,0	-	<3,0	ND	ND	ND	89	7	ND	ND	ND	9,8	0,8	ND
N6	ND	-	18,1	3,0	<3,0	-	ND	ND	ND	ND	74	6	ND	ND	ND	0,6	0,0	ND
Ara_1	ND	-	12,8	2,1	<3,0	-	ND	ND	ND	ND	133	11	ND	ND	ND	21,2	1,8	-
Ara_2 ⁽²⁾	ND	-	12,8	2,1	<3,0	-	ND	ND	ND	ND	135	11	ND	ND	ND	21,1	1,8	-
N1	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USA 7	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1322	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N8	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pre_16	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 14 : Continuación

Elemento	Be	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se
LD (µg/L)	1	1	1	5	0,3	1	5	5	2	0,3

Elemento	Mo	Ag	Cd	Sb	Ba	Tl	Pb	Tlh	U	Hg
LD (µg/L)	1	5	0,2	0,2	10	0,2	1	0,2	0,2	0,2

(1) Muestras repetidas, extraídas del mismo pozo pero en distintas fechas

(2) Muestras duplicadas, se recogió dos muestras del mismo pozo

(3) Muestras repetidas y duplicadas

Todos los elemento expresados en µg/L

* Muestra con digestión

LD Limite de detección

ND no detectado

< 10, detectado pero por debajo del límite de cuantificación

Tabla 15 : Resultados de análisis de metales trazas en perforaciones de seguimiento_Dinamige

Codigo	Fecha	Datos de campo			Be (µg/L)		V (µg/L)			Cr (µg/L)		Mn (µg/L)		Co (µg/L)	
		T (°C)	pH	Cond. (µS/cm)	Valor	LD	Valor	±	LD	Valor	LD	Valor	LD	Valor	LD
Dgua_371_1	18/11/2020	19,9	7,42	1383	ND	1	52,3	4,4	1	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_371_2	1/7/2021	17,1	7,51	1310	ND	1	54,1	6,7	1	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_371_3	1/12/2021	19,6	7,5	1330	ND	1	58,2	7,2	1	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_371_4	26/5/2022				ND	1	60,8	6,7	0,5	ND	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_371_5	28/11/2022	20	7,42	1334	ND		58,5	6,4		ND		ND		ND	
Dgua_371_6	26/4/2023	19,2	7,37	1296	ND	1	61,4	6,8	0,5	ND	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_371_7	28/8/2023	17	7,8	1261	ND	1	59,2	6,5	0,5	ND	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_352_1	1/7/2021	16,3	7,65	826	ND	1	48,8	6,0	1	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_352_2	2/12/2021	18,4	7,6	824	ND	1	48,3	5,9	1	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_352_3	26/5/2022				ND	1	51,6	5,7	0,5	ND	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_352_4	28/11/2022	19,8	7,36	842	ND		56,7	6,2		< 3,0		ND		ND	
Dgua_352_5	26/4/2023	18,7	7,14	835	ND	1	54,4	6,0	0,5	ND	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_352_6	1/9/2023	19	7,25	874	ND	1	50,8	5,6	0,5	ND	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_464_1	1/7/2021	16,3	7,43	1674	ND	1	48,5	6,0	1	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_464_2	1/12/2021	19,9	7,5	1627	ND	1	49,6	6,1	1	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_464_3	26/5/2022				ND	1	53,1	5,8	0,5	ND	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_464_4	29/11/2022	20	7,42	1650	ND		53,3	5,9		< 3,0		ND		ND	
Dgua_464_5	26/4/2023	18,8	7,16	1781	ND	1	54,8	6,0	0,5	ND	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_169_1	1/7/2021	17,8	7,85	993	ND	1	42,8	5,3	1	< 3	1	< 15	5	ND	0,2
Dgua_169_2	2/12/2021	20	7,6	1163	ND	1	44,9	5,5	1	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_169_3	26/5/2022				ND	1	49,1	5,4	0,5	< 3,0	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_169_4	28/11/2022	19,7	7,6	1199	ND		49,0	5,4		< 3,0		ND		ND	
Dgua_169_5	26/4/2023	18,9	7,38	1284	ND	1	56,0	6,2	0,5	< 3,0	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_169_6	1/9/2023	19	7,53	989	ND	1	46,4	5,1	0,5	< 0,3	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_177_1	17/11/2020	19,9	7,23	1135	ND	1	41,6	3,5	1	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_177_2	29/6/2021	17,3	7,38	1101	ND	1	40,2	4,9	1	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_177_3	26/4/2023	20,5	7,24	1173	ND	1	48,8	5,4	0,5	ND	1	ND	20	ND	0,3
Dgua_177_4	1/9/2023	19	7,53	989	ND	1	43,7	4,8	0,5	ND	1	ND	20	ND	0,3

Tabla 15 : Continuación

Codigo	Ni (µg/L)		Cu(µg/L)		Zn (µg/L)		As (µg/L)		Se (µg/L)			Mo (µg/L)		Ag (µg/L)		Cd (µg/L)		
	Valor	LD	Valor	LD	Valor	LD	Valor	LD	Valor	±	LD	Valor	LD	Valor	LD	Valor	LD	
Dgua_371_1	ND	1	ND	5	ND	5	18,2	3,1	1	2,8	0,2	0,3	<3	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_371_2	ND	1	ND	5	21,2	1,2	19,0	3,2	1	2,4	0,1	0,3	<3	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_371_3	ND	1	ND	5	<15		20,7	3,5	1	2,7	0,2	0,3	<3	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_371_4	ND	1	ND	30	ND		22,1	3,7	2	3,1		1	<3,0	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_371_5	ND		ND		<90		18,6	3,1		<3,0			<3,0		ND		ND	
Dgua_371_6	ND	1	ND	30	ND		18,9	3,1	2	3,4	0,4	1	<3,0	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_371_7	ND	1	ND	30	<90		19,1	3,2	2	<3,0		1	<3,0	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_352_1	ND	1	ND	5	20,9	1,2	24,3	4,1	1	1,3	0,1	0,3	<3	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_352_2	ND	1	ND	5	ND		24,9	4,2	1	1,8	0,1	0,3	<3	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_352_3	ND	1	ND	30	ND		27,6	4,6	2	<3,0		1	<3,0	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_352_4	ND		ND		ND		24,0	4,0		<3,0			<3,0		ND		ND	
Dgua_352_5	ND	1	ND	30	ND		23,5	3,9	2	<3,0		1	<3,0	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_352_6	ND	1	ND	30	ND		25,3	4,2	2	<3,0		1	<3,0	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_464_1	ND	1	ND	5	<15		21,8	3,7	1	3,4	0,2	0,3	<3	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_464_2	ND	1	ND	5	ND		23,3	3,9	1	4,1	0,2	0,3	<3	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_464_3	ND	1	ND	30	ND		24,9	4,1	2	5,1		1	<3,0	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_464_4	ND		ND		ND		21,7	3,6		4,2	0,4		<3,0		ND		ND	
Dgua_464_5	ND	1	ND	30	ND		22,5	3,7	2	5,5	0,6	1	<3,0	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_169_1	ND	1	ND	5	49,0	2,8	16,4	2,8	1	1,8	0,1	0,3	<3	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_169_2	ND	1	ND	5	ND		17,4	2,9	1	2,7	0,2	0,3	<3	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_169_3	ND	1	ND	30	ND		19,1	3,2	2	<3,0		1	<3,0	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_169_4	ND		ND		ND		16,0	2,7		3,0	0,3		<3,0		ND		ND	
Dgua_169_5	ND	1	ND	30	ND		17,6	2,9	2	4,2	0,4	1	<3,0	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_169_6	ND	1	ND	30	ND		17,2	2,9	2	<3,0		1	<3,0	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_177_1	ND	1	ND	5	ND	-	15,7	2,6	1	2,7	0,2	0,3	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_177_2	ND	1	ND	5	ND		14,8	2,5	1	2,2	0,1	0,3	ND	1	ND	5	ND	0,2
Dgua_177_3	ND	1	ND	30	ND		15,3	2,5	2	3,6	0,4	1	ND	1	ND	30	ND	0,3
Dgua_177_4	ND	1	ND	30	ND		14,5	2,4	2	<3,0		1	ND	1	ND	30	ND	0,3

Tabla15 : Continuación

Codigo	Sb (µg/L)		Ba (µg/L)		Tl (µg/L)		Pb (µg/L)		Tih(µg/L)		U (µg/L)		Hg (µg/L)			
	Valor	LD	Valor	±	LD	Valor	LD	Valor	LD	Valor	LD	Valor	±	LD	Valor	LD
Dgua_371_1	ND	0,2	120	10	5	ND	0,2	ND	1	ND	0,2	10,7	0,3	0,2	ND	0,2
Dgua_371_2	ND	0,2	108	9	5	ND	0,2	ND	1	ND	0,2	9,6	0,3	0,2	ND	0,2
Dgua_371_3	ND	0,2	107	9	5	ND	0,2	ND	1	ND	0,2	10,6	0,3	0,2	ND	0,2
Dgua_371_4	ND	0,6	109,8	8,7	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	10,1	0,8	0,3	ND	0,6
Dgua_371_5	ND		135	11		ND		ND		ND		10,7	0,9		ND	
Dgua_371_6	ND	0,6	121	10	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	9,5	0,8	0,3	ND	0,6
Dgua_371_7	ND	0,6	107	8	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	8,6	0,7	0,3		
Dgua_352_1	ND	0,2	219	18	5	ND	0,2	ND	1	ND	0,2	4,2	0,1	0,2	ND	0,2
Dgua_352_2	ND	0,2	229	19	5	ND	0,2	ND	1	ND	0,2	4,8	0,1	0,2	ND	0,2
Dgua_352_3	ND	0,6	238,1	19	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	4,6	0,4	0,3	ND	0,6
Dgua_352_4	ND		259	20		ND		ND		ND		4,6	0,4		ND	
Dgua_352_5	ND	0,6	219	17	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	4,2	0,3	0,3	ND	0,6
Dgua_352_6	ND	0,6	217	17	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	4,0	0,3	0,3		
Dgua_464_1	ND	0,2	106	9	5	ND	0,2	ND	1	ND	0,2	11,3	0,3	0,2	ND	0,2
Dgua_464_2	ND	0,2	122	10	5	ND	0,2	ND	1	ND	0,2	13,0	0,4	0,2	ND	0,2
Dgua_464_3	ND	0,6	105,7	8,3	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	12,6	1,0	0,3	ND	0,6
Dgua_464_4	ND		146	12		ND		ND		ND		12,6	1,0		ND	
Dgua_464_5	ND	0,6	125	10	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	12,8	1,1	0,3	ND	0,6
Dgua_169_1	ND	0,2	92,0	7,7	5	ND	0,2	ND	1	ND	0,2	6,6	0,2	0,2	ND	0,2
Dgua_169_2	ND	0,2	130	11	5	ND	0,2	ND	1	ND	0,2	8,9787	0,3	0,2	ND	0,2
Dgua_169_3	ND	0,6	133,5	11	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	8,8	0,7	0,3	ND	0,6
Dgua_169_4	ND		139	11		ND		ND		ND		8,4	0,7		ND	
Dgua_169_5	ND	0,6	143	11	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	9,3	0,8	0,3	ND	0,6
Dgua_169_6	ND	0,6	92	7	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	6,2	0,5	0,3		
Dgua_177_1	ND	0,2	215	18	5	ND	0,2	ND	1	ND	0,2	6,3	0,2	0,2	ND	0,2
Dgua_177_2	ND	0,2	213	18	5	ND	0,2	ND	1	ND	0,2	6,6	0,2	0,2	ND	0,2
Dgua_177_3	ND	0,6	206	16	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	6,8	0,6	0,3	ND	0,6
Dgua_177_4	ND	0,6	222	18	10	ND	0,3	ND	1	ND	0,3	7,1	0,6	0,3		

Tabla 16 : Resultados de metales en agua de perforaciones de OSE

Código	Localidad	Fecha	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Se (mg/L)	Cu (mg/L)
82.3.011	Arroyo Llano	4/9/2023					0,018				
90.2.007	Cañada Grande	29/8/2012	<0,06	<0,03	0,27	<0,002	0,013	<0,0004	0,002	<0,004	<0,06
89.1.001	Capurro	17/4/2013	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	0,013	<0,0004	<0,002		<0,06
97.1.016	Ciudad del Plata	15/12/2009	<0,06	<0,03	<0,05	<0,002	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
97.1.024	Ciudad del Plata	6/9/2012	<0,06	<0,03	0,04	<0,002	0,006	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
97.1.008	Ciudad del Plata	20/2/2013	<0,06	<0,03	0,06	<0,002	0,005	<0,0004	<0,002		<0,06
97.1.009	Ciudad del Plata	20/2/2013	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	<0,002		<0,06
97.1.011	Ciudad del Plata	6/9/2012	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
97.1.012	Ciudad del Plata	15/7/2011	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
97.1.013	Ciudad del Plata	4/12/2012	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	0,002	<0,004	<0,06
97.1.015	Ciudad del Plata	6/9/2012	<0,06	<0,03	<0,04	0,002	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
97.1.016	Ciudad del Plata	15/7/2011	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
97.1.023	Ciudad del Plata	15/7/2011	17	0,07	0,09	0,004	0,009	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
97.1.025	Ciudad del Plata	6/9/2012	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
97.1.026	Ciudad del Plata	21/8/2012	<0,06	<0,03	0,10	0,003	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
97.1.031	Ciudad del Plata	29/8/2012	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	0,002	<0,004	<0,06
90.3.010	Cololó	9/1/2013	0,10	<0,03	<0,04	<0,002	0,010	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
90.4.001	Colonia Vicente Pérez	13/6/2013	0,07	<0,03	0,08	<0,002	0,015	<0,0004	<0,002	<0,002	<0,06
90.3.024	Colonia Wilson	3/5/2022					0,013				
89.1.005	Cuchilla Vichadero	27/5/2013	<0,06	<0,03	0,18	<0,002	0,021	<0,0004	<0,002	<0,002	<0,06
90.3.025	Kiyú	20/9/2014	<0,06	0,03	0,06	0,002	0,025	0,0004	<0,002	<0,002	<0,06
90.3.028	Kiyú	21/4/2016	0,13	<0,03	0,1	<0,002	0,024	<0,0004	<0,002	<0,002	<0,06
90.3.030	Kiyú	22/2/2017	<0,06	<0,03	0,04	<0,002	0,013	<0,0004	<0,002	<0,002	<0,06
90.3.031	Kiyú	22/2/2017	<0,06	<0,03	0,21	<0,003	0,016	<0,0004	<0,002	<0,002	<0,06
90.3.032	Kiyú	14/2/2017					0,016				
Pozo 3	Kiyú						0,029				
90.3.023	Kiyú						0,024				
90.3.022	Kiyú						0,02				
90.3.012	Kiyú	12/7/2013	<0,06	<0,03			0,034				
90.3.018	Kiyú	12/7/2013	<0,06	<0,03			0,015				
284	Libertad	21/7/2022					0,015				
1172/2	Libertad	3/9/2014					0,012				
90.3.001	Libertad	12/7/2013	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	0,013	<0,0004	<0,002		<0,06
90.3.002	Libertad	1/8/2022	<0,06	<0,03			0,012	<0,0004	<0,002		
90.3.006	Libertad	20/8/2013	<0,06	<0,03			0,014				
90.3.008	Libertad	20/8/2013	<0,06	<0,03			0,014				
90.3.009	Libertad	12/6/2013	<0,06				0,010				
90.3.017	Libertad	20/8/2013	<0,06	<0,03	0,08	<0,002	0,017	<0,0004	<0,002		<0,06
90.3.019	Libertad	31/7/2013	<0,06				0,017				
90.3.020	Libertad	5/3/2010	0,12	<0,03	0,08	<0,002	0,019	<0,0004	0,002	<0,004	<0,06
90.3.021	Libertad	26/10/2010	0,06	<0,03	<0,04	<0,002	0,021	<0,0004	0,002	<0,004	<0,06
82.3.012	Paso del Carretón	1/3/2012	0,19	<0,03	0,13	0,002	0,025	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
89.1.002	Pueblo Nuevo	7/3/2012	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
90.2.008	Puntas de Cañada Grande	27/9/2012	0,23	<0,03	1,7	<0,002	0,019	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
1155	Puntas de Valdez	3/5/2012					0,015				
90.2.002	Radial	20/8/2013	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	0,026	<0,0004	0,002		<0,06
90.2.001	Rafael Peraza	17/4/2013	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	0,010	<0,0004	<0,002		<0,06
1016	Rafael Perazza	15/5/2023					0,009				
89.1.006	Rincón de Albano	3/5/2013	0,06	<0,03	<0,04	<0,002	0,017	<0,0004	<0,002	<0,002	<0,06
90.2.009	Rincón de la Torre	10/4/2013	0,09	<0,03	0,05	<0,002	0,013	<0,0004	<0,002	<0,002	<0,06
90.2.006	Rincón del Pino	23/8/2012	<0,06	<0,03	0,05	<0,002	0,006	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
82.3.001	Rodríguez	17/4/2013	0,69	<0,03	0,04	<0,002	0,016	<0,0004	<0,002		<0,06
82.3.003	Rodríguez	29/11/2010	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	0,024	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
82.3.005	Rodríguez	17/4/2013	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	0,023	<0,0004	<0,002	<0,004	<0,06
82.3.009	Rodríguez	17/4/2013	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	0,019	<0,0004	<0,002		<0,06
82.3.020	Rodríguez	23/9/2023					0,014				
90.3.014	San Luis	15/8/2013	<0,06	<0,03			0,013				
90.2.010	Sauce Chico	23/5/2013	<0,06	<0,03	0,12	<0,002	0,009	<0,0004	<0,002		<0,06
90.2.003	Villa María	17/4/2013	<0,06	<0,03	<0,04	<0,002	0,024	<0,0004	0,002		<0,06

Tabla 17 : Resultados de parámetros físicos y de arsénico del trabajo de Tesis de Guéréquiz R. (Fuente Guéréquiz R. et al. 1997b y Mañay N. et al. -2013)

Muestra	Localidad	X_utm	Y_utm	Z (m)	Fecha	pH	T (°C)	Cond. (µS/cm)	As (µg/L)
4	Col F. crespo	505642	6186536	36	2007	7,48	20		12,57
8	Col F. crespo	506852	6184276	24	2007	7,32	23,5	850	17,47
12	Colonia V. Pérez	515611	6169912	16	2007	7,07	21,1	670	13,7
13	Colonia V. Pérez	515853	6169229	19	2007	7,02	20,4	700	15,38
17	Colonia V. Pérez	516295	6170621	24	2007	7,20	21,4	1030	20,57
18	Colonia V. Pérez	516646	6171066	30	2007	7,19	20,6	930	19,66
22	Colonia V. Pérez	517360	6170931	27	2007	7,08	20,1	770	15,03
28	Cuchilla Mangrullo	521644	6183199	48	2007	7,33	21,9	640	8,77
37	Kiyú	523957	6162435	40	2007	7,34	21	850	18,79
43	Col. Montaña	524615	6168926	39	2007	7,16	21,7	1290	17,09
50	Kiyú	525348	6162216	28	2007	7,38	21,3	780	17,81
55	Sauce Chico	526321	6177088	33	2007	6,64	21,5	520	6,91
57	Puntas de Valdez	526335	6173083	50	2007	7,17	20,7	1880	15,81
62	Puntas de Valdez	527928	6172664	41	2007	7,27	21,7	1010	19,49
63	Cañada Grande	528037	6188873	25	2007	6,99	21,4	630	12,62
77	Camino Mauricio	531959	6162944	33	2007	7,44	21,5	820	14,58
78	Libertad	532057	6169054	49	2007	7,20	20,5	970	12,2
79	Colonia Italia	533202	6176044	25	2007	6,87	20,4	60	11,26
93	Colonia Italia	535231	6172507	36	2007	6,82	21,5	580	12,32
105	Libertad	537554	6170110	35	2007	7,14	26,7	560	14,66
110	Orillas del Plata	538386	6162020	37	2007	7,14	20	760	15,13
111	Orillas del Plata	538266	6164210	25	2007	7,22	21,1	2210	11,28
125	Rincón de Buschental	540847	6170634	16	2007	7,03	20,8	570	12,61
126	Orillas del Plata	540950	6165800	19	2007	6,93	21,7	940	12,34
132	Colonia Wilson	541369	6159318	19	2007	7,11	17,6	100	19,12
134	Colonia Wilson	542609	6156501	11	2007	7,41	18	430	23,36
149	Colonia Wilson	543782	6158446	25	2007	7,07	17,5		24,19
166	Colonia Galland	546476	6155999	11	2007	6,53	18,4		7,61
176	Colonia Galland	548041	6156286	13	2007	6,35	17,9		5,76
178	Colonia Galland	549118	6158459	13	2007	6,52	17,2		5,54
71_76	Camino Mauricio	532121	6165796	41	2007	7,36	21,2	870	13,34
99_100	Orillas del Plata	537321	6160735	16	2007	7,32	22	730	1,44

Tabla 18 : Resultados de medidas con pFRX y análisis con ICP-MS de muestras de testigos de perforaciones en el SAR

Perforación A 284, Localidad de Libertad			Valor de As (ppm)	
Tramo (m)	Formación	Descripción	pFRX	ICP-MS
1-6	Libertad	Arcilla gris-marrón con muchos nódulos de carbonato	7	
6-12	Libertad	limo-arcilloso con granos de arena y algo de carbonato. Marrón claro	4	
12-15	Libertad	Limo-arcilla marrón claro con cantos dispersos	6	
15-19	Libertad	Limo-arenosos marrón claro	7	
19-22	Raigón	Arena fina a muy fina, cuarzo-feldespática y biotita, con cantos de hasta 1 cm. Algo de limo, color amarillento	3	
22-27	Raigón	Arena desde media a gruesa, gravillosa, de color amarillento. Cantos de cuarzo y feldespato sub-redondeados	<LD	< 3,7
27-35	Raigón	Arena media a gruesa, con clasto de cuarzo y litoclastos (cuarzo y feldespato caolinitizado). Color blanquecino	<LD	
35-39	Raigón	Limo-arcilla gris-verdosa con arena media a fina cuarzosa.	4	
39-42	Raigón	Arena media a gruesa c/gravilla blanquecina. Granos sub-angulosos . Color amarillo claro.	<LD	
42-43	Raigón	Arena media a gruesa, marrón. Con litoclastos de granito-alterado.	38	38,5
43-44	Raigón	Limo-arcilla gris-verdosa, con granos de arena y gravilla subordinados	6	
44-49	Raigón	Arena media a gruesa, gravillosa, con cantos de hasta 1 cm., color beige a gris claro. La arena es cuarzosa con feldespatos subordinados y algo de mineral negro (anfíbol ?). Los cantos son de cuarcita y feldespato	<LD	
49-51	Raigón	Arena fina, con clastos de gravilla y matriz de limo-arcilla, color verde claro. Clastos de cuarzo, feldespato y litoclastos. De hasta 1 cm.	2	
51-51,7	Raigón	Arena media a gruesa, cuarzosa y feldespática, granos angulosos, color amarillo claro a beige	<LD	
51,7-55	Camacho	Arcilla verde, con granos de arena fina y patinas de óxidos amarillentas.	17	17,2

Perforación A 1362, Localidad Rincón del Pino			Valor de As (ppm)	
Tramo (m)	Formación	Descripción	pFRX	ICP-MS
1-3	Libertad	Limo-arcillosos marrón	6,8	7,8
3-7	Raigón	Arena fina, con clastos de gravilla, cuarzosa, matriz pelítica, color marrón claro	2,1	
7-11	Raigón	Arena muy fina con matriz pelítica. Marrón claro	4,4	
11-15	Raigón	Ídem con menos limo	6,4	
15-21	Raigón	Arena muy fina, bien seleccionada, cuarzosa, marrón claro.	7,6	
22-26	Raigón	Arena muy fina con cemento pelítico, marrón claro	4,6	
26-30	Raigón	Limo arenoso a arena muy fina con matriz pelítica. Color marrón claro	5,6	
30-37	Raigón	Arena muy fina con abundante limo. Color marrón a grisáceo	5,2	
37-40	Camacho ?	Limo arcilloso , color gris-verdoso (Camacho ?)	19	26,6
40-54	Fray Bentos ?	Limo marrón con algo de arena fina y grava. (Fray Bentos ?)	5	
54-56	Basamento	Material granular, con mucho cuarzo y feldespato. Basamento alterado	1,9	< 3,7

Tabla 18 : Continuación

Perforación A 1466, Camino Mauricio			Valor de As (ppm)	
Tramo (m)	Formación	Descripción	pFRX	ICP-MS
0-1	Suelo	Arcilla marrón oscuro	7,6	
1-2	Libertad	Limo-arcilloso, con algo de arena, marrón	5,2	< 3,7
2-3	Libertad	Limo-arcilloso, con algo de arena, marrón	3,8	
3-4	Libertad	Limo-arcilloso, con algo de arena, marrón claro	5,6	
4-5	Libertad	Ídem	7,4	7,3
5-6	Raigón	Arena fina, cuarzosa, granos sub-angulosos, con matriz limosa. Marrón claro	2,1	
6-7	Raigón	Arena fina, cuarzo-feldespática, sub-angulosa, con algo de limo. Color beige	<LD	
7-8	Raigón	Arena fina-media, cuarzo-feldespato, granos sub-angulosa, con algo de limo. Marrón-rojiza. Abundante granos negros, fibrosos (anfíbol o carbón)	<LD	ND
8-9	Raigón	Ídem anterior	<LD	
9-10	Raigón	Ídem.	<LD	
10-11	Raigón	Limo, con granos de arena y clastos de carbonato. Marrón claro	2,3	
11-12	Raigón	Arena fina a media, cuarzo-feldespática, granos sub-angulosos, con granos de arena gruesa y clastos. Algo limo. Marrón claro	<LD	ND
12-13	Raigón	Arena fina-media, cuarzo-feldespática, granos sub-angulosos, con abundante clastos de gravilla (< 0,5 cm) de cuarzo, feldespato y líticos. Beige a marrón claro	<LD	
13-14	Raigón	Ídem anterior, algo ms gruesa	<LD	
14-15	Raigón	Arena media a gruesa, gravillosa, granos de feldespato y cuarzo y clastos menores a 1 cm, de cuarzo, feldespato y líticos. Granos y clastos sub-angulosos. Color beige	<LD	ND
15-16	Raigón	Gravilla fina con arena media-gruesa. Clasto < 1 cm, de cuarzo y feldespato, sub-redondeados. Color beige	<LD	
16-17	Raigón	media-gruesa, granos sub-angulosos, cuarzo-feldespato. Intraclastos pelíticos (?). Color beige	<LD	
18-19	Raigón	feldespato y líticos. Sub-redondeados. Granos de arena sub-redondeados de cuarzo y feldespato. Color Beige	2,4	< 3,7
19-20	Raigón	Arena fina a media, gravillosa, granos sub-angulosos de cuarzo y feldespato y clastos < 0,5 cm, de cuarzo, feldespato y cuarcita. Algo de limo. Color Beige	<LD	
20-21	Raigón	Ídem	<LD	
21-22	Raigón	Ídem, algo mas gruesa	<LD	
22-23	Raigón	Gravilla fina, clastos < 0,5 cm., de cuarzo, feldespato y líticos, sub-anguloso a anguloso. Matriz arenosa, desde fina a gruesa, cuarzosa, sub-angulosa. Color beige	<LD	
23-24	Raigón	Arena fina, cuarzosa, granos sub-redondeados, con algo de limo. Color beige	<LD	
24-25	Raigón	Ídem, con clastos < 0,5 cm, sub-anulosos a angulosos, de cuarzo y feldespato	<LD	ND
25-26	Raigón	Arena fina-media, cuarzo-feldespática, granos sub-angulosos y clastos de gravilla dispersos, < 0,5 cm, de cuarzo y feldespato. Color beige	<LD	
26-27	Raigón	Ídem anterior con matriz/cemento lomo-arcilloso	2,6	
27-28	Raigón	Arena media-gruesa, cuarzo-feldespática, granos sub-angulosos, con clastos de gravilla fina y algo limosa	2,8	
28-29	Raigón	Gravilla fina, con clastos de cuarzo, feldespato y cuarcitas. Sub-angulosos a angulosos, con matriz limo-arenosa. Color marrón	8,2	
29-30	Raigón	Gravilla fina, clastos de cuarzo y feldespato, > 0,5 cm., subangulosos a angulosos. Matriz de arena fina a gruesa, cuarzosa, granos sub-angulosos. Color marrón-rojizo	9,8	11
30-31	Raigón	Arena media-gruesa, cuarzosa, granos sub-angulosos, con clasto dispersos y matriz limosa. Color marrón-rojizo	6	
31-32	Raigón	Arena fina-media, cuarzo-feldespática, granos sub-angulosos, con clastos de gravilla < 0,5 cm, cuarzo feldespáticos y sub-angulosos. Color marrón-rojizo	6,4	
32-33	Raigón	Ídem, con algo de limo y color marrón-verdoso	8,4	
33-34	Raigón	Ídem con clastos de color negro (anfíbol o carbón)	6,6	
34-35	Raigón	grava dispersos (<< 0,5 cm.) de cuarzo y feldespato, sub-angulosos. Algo de limo. Color marrón-rojizo.	4,2	< 3,7
35-36	Raigón	Arena fina, cuarzosa, algo de feldespato y minerales negros y rojizos. Granos sub-redondeados, material suelto. Color beige. Arena de playa o duna	<LD	
37-38	Raigón	Ídem	2,6	
38-39	Raigón	Ídem con algo de limo y clastos de arena gruesa/grava	3,6	

Tabla 18 : Continuación

Perforación A 1234, Ciudad de Rodríguez			Valor de As (ppm)	
Tramo (m)	Formación	Descripción	pFRX	ICP-MS
1-7	Libertad	Limo-arcilloso, con arena fina en porcentaje variable. El nivel de 5-6 m mas arcilloso. Marrón claro	5	4,2
7-10	Libertad	Limo arenoso, con clastos dispersos de cuarzo y feldespato. Color marrón-grisáceo	4,8	
10-14	Libertad	Limo-arcilla marrón	8,4	
14-19	Raigón	Arena fina-media, con matriz limosa, color gris-verdoso	3	
19-20	Raigón	Conglomerado con matriz limo-arenosa, cantos de hasta de 2 cm, cuarzo feldespático color beige a gris.	3,4	3,8
20-24	Raigón	Arena fina-media, con matriz limosa, color marrón claro o beige	4,8	
24-26	Raigón	Conglomerado, cuarzo-feldespática, clastos de hasta a 2 cm, matriz areno-pelítica. Marrón claro	6,6	6,4
26-32	Fray Bentos ?	Limo-arenoso, con clastos dispersos, color marrón-beige	6	
32-41	Basamento ?	Fragments de pelitas, clastos de cuarzo y feldespato. Color marrón. Posible basamento alterado	6,6	
41-50	Basamento ?	Ídem	7,4	
50-53	Basamento ?	Ídem anterior, material mas fino, arena y gravilla. Basamento mas fresco ? (napa)	7,4	8,7
53-55	Basamento ?	Ídem mas arcilloso	7,2	

Perforación A 1322, Puntas de Tropa Vieja			Valor de As (ppm)	
Tramo (m)	Formación	Descripción	pFRX	ICP-MS
0-1	Suelo	Limo-arcilla, marrón oscuro (suelo)	6,9	
1-5	Libertad	Limo-arcilla, marrón claro con carbonato (Libertad)	4,6	
6-8	Raigón	Arena muy gruesa a gravilla, con clastos de hasta 0,5 cm, sub-angulosos, cuarzo, feldespato , con algo de limo. Color Beige	<LD	
8-13	Raigón	Arena media-gruesa a gravillosa, con clastos menores que 0,5 cm de cuarzo, feldespato y líticos. Subangulosos. Beige	<LD	ND
13-16	Raigón	Ídem anterior, algo mas gruesa y clastos de hasta 1 cm	<LD	
16-19	Raigón	Limo-arcilla, marro claro	8	7,4
19-20	Raigón	Gravilla gruesa, clastos de hasta 1 cm, sub-angulosos, cuarzo, feldespato, líticos, con matriz arenosa y limo. Color beige	2,8	
20-22	Raigón	Arena gruesa y gravilla, clastos menores a 0,5 cm, cuarzo y feldespato, sub-angulosos con arena fina como matriz. Color beige	2,2	< 3,7

Perforación USA-7, Norte de Kiyú			Valor de As (ppm)	
Tramo (m)	Formación	Descripción	pFRX	ICP-MS
0 - 1,5	Libertad	Limo-arcilloso marrón (Libertad)	6,8	
3 - 4,6	Raigón	Limo-arcilla gris claro (Raigón)	7	
6,1 - 12,2	Raigón	Arena muy gruesa gravillosa, con cantos de hasta 1 cm, cuarzo, feldespato, líticos, subangulosos. Color beige	1,4	< 3,7
13,7 - 16,8	Raigón	Limo arenosos, marrón claro	2,8	
18,3 - 21,3	Raigón	Arena gruesa a muy gruesa, gravillosa, con algunos cantos < 0,5 cm. cuarzo, feldespato, subangulosos. Color beige	<LD	
22,9 - 24,4	Raigón	Limo arenosos, marrón claro, con abundante gravilla y cantos.	7	
25,9 - 27,4	Raigón	Arena media a gruesa, gravillosa. Clastos de cuarzo y feldespato, sub-angulosos. Marrón claro a beige	2,2	
29 - 33,5	Raigón	Limo con arena y clastos, color gris verdoso	9,6	8,9
35,1 - 39,6	Raigón	Ídem con menos arena	3,8	
41,1 - 45,7	Camacho	Arcilla verde claro, con restos de fósiles (Camacho)	8,6	

Tabla 18 : Continuación

Perforación A 980, Escuela 77 - Kiyú			Valor de As (ppm)	
Tramo (m)	Formación	Descripción	pFRX	ICP-MS
0-0,5	Suelo	Arcilla marrón oscuro (Suelo)	6	
0,5-1	Libertad	Limo-arcilloso marrón (Libertad o suelo)	5,4	
1-3	Libertad	Arcilla, marrón, con carbonato disperso (Libertad)	4,8	
3-9	Libertad	Arcilla, marron-grisácea, con algo de carbonato	5,2	
9-15	Raigón	Arcilla-limo, gris oscuro a gris verdoso	5,6	
15-20	Raigón	Arcilla gris-verdosa con carbonato	6,2	
20-21	Raigón	Arcilla marrón clara a beige	7	
21-26	Raigón	Limo-arcilla, color marrón claro-beige	7,2	
26-29	Raigón	Ídem mas arcilloso	5,2	
29-33	Raigón	Arena media-gruesa, cuarzo-feldespática. Clastos de grava, de hasta 1 cm. Subangulosa, con abundante matriz pelítica. Color beige	<LD	< 3,7
33-36,5	Raigón	Gravilla con clastos de hasta 0,5 cm, cuarzo-feldespato-líticos. Sub-redondeados, con matriz areno-limosa. Color beige	<LD	ND
36,5-37	Raigón	Arena fina-media, cuarzo-feldespática, granos subangulosos, con matriz pelítica. Color gris-verdoso	4,3	< 3,7
37-38,2	Raigón	Limo arenoso, con abundante gravilla. Clastos de hasta 0,5 cm. Sub-angulosos. Color marrón	7	7,5

Perforación A 1163, Localidad de Libertad-Reductora UTE			Valor de As (ppm)	
Tramo (m)	Formación	Descripción	pFRX	ICP-MS
0-1	suelo	Suelo arcilloso	7,8	7,3
1-2	Libertad	Limo-arcilla marrón claro	7	
4-8	Libertad	Arcilla marrón	5	5,8
8-14	Libertad	Arcilla marrón c/carbonato	4	
14-17	Libertad	Ídem	8,2	
17-19	Libertad	Limo-arcilla marrón c/arena	4,2	
19-23	Raigón	Arena media-gruesa c/gravilla	1,3	
23-23,5	Raigón	Arena media-fina con algo de limo	4,8	

LD = límite de detección para pFRX (fluorescencia de rayos X portátil) / < 3,7 = límite de cuantificación para ICP-MS

Tabla 19 : Resultados de medidas con pFRX en litologías de la formación Libertad y suelo (promedio de 5 medidas por muestra)

Pozo	Localidad	Tramo (m)	Formación	Litología	SiO2 %	MgO %	Al2O3 %	Fe %	Mn (ppm)	V (ppm)	As (ppm)
980 Kiyú		0-0,5	Suelo	Limo-arcilla	63,977	0,933	13,084	3,954	849	129	6
980 Kiyú		0,5-1	Libertad	Limo-arcilla	67,332	1,117	12,453	3,699	656	146	5
980 Kiyú		1-3	Libertad	Limo-arcilla	57,954	1,159	10,231	3,609	885	122	5
980 Kiyú		3-9	Libertad/Raigón	Arcilla-limo	62,862	1,168	10,703	3,802	1259	119	5
1466 Kiyú		0-1	Suelo	Arcilla	59,778	1,141	13,160	4,095	777	138	8
1466 Kiyú		1-2	Libertad	Limo-Arcilla	62,018	1,217	10,555	3,420	1234	112	5
1466 Kiyú		2-3	Libertad	Limo-Arcilla	54,525	1,597	10,614	4,109	1100	68	4
1466 Kiyú		3-4	Libertad	Limo-Arcilla	55,453	1,524	11,566	4,141	720	137	6
1466 Kiyú		4-5	Libertad	Limo-Arcilla	62,696	1,598	13,641	4,860	481	146	7
USA 7 Kiyú		0 - 1,5	Libertad	Limo-arcilloso marrón	63,873	1,034	12,115	3,801	1113	128	7
USA 7 Kiyú		3 - 4,6	Libertad/Raigón	Limo-arcilla gris claro	58,556	1,363	13,072	5,508	1041	109	7
1163 Libertad		0-1	Suelo	Limo-arcilla	63,981	1,227	14,094	4,033	977	153	8
1163 Libertad		2-4	Libertad	Limo-arcilla	67,787	1,497	13,734	3,889	808	162	7
1163 Libertad		4-8	Libertad	Limo-arcilla	64,845	1,241	11,347	3,640	1158	124	4
1163 Libertad		8-14	Libertad	Limo-arcilla	67,154	1,142	10,278	3,096	1600	104	4
1163 Libertad		14-17	Libertad	Limo-arcilla	63,185	1,724	13,431	4,609	1731	171	8
1163 Libertad		17-19	Libertad/Raigón	Limo-arcilla con arena	68,120	1,308	11,876	2,834	899	103	4
284 Libertad		1-6	Libertad	Limo-arcilla	53,752	1,265	10,688	4,098	1415	171	7
284 Libertad		6-12	Libertad	Limo-arcilla	62,356	0,997	10,307	3,064	1015	113	4
284 Libertad		12-15	Libertad	Limo-arcilla	46,997	1,652	9,241	3,930	949	71	6
284 Libertad		15-19	Libertad	Limo-arcilla	69,283	1,376	12,877	2,906	724	140	7
1362 Rincón del Pino		1-3	Libertad	Limo-Arcilla	64,546	1,264	13,687	4,180	867	151	7
1322 Tropa Vieja		0-1	Suelo	Limo-arcilla	62,398	1,222	14,678	4,246	822	154	7
1322 Tropa Vieja		1-5	Libertad	Limo-arcilla	65,997	0,969	11,054	3,020	911	119	5