



Hidrogeología de la Isla Jabalí

Bahía San Blas

Carmen de Patagones

Buenos Aires

Trabajo final de licenciatura

Federico Aragno

Director: Adrián Silva Busso

Departamento de Ciencias Geológicas
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires



2015



Índice

<u>Resumen</u>	Página 1
-----------------------	-----------------

<u>Capítulo 1 - Introducción</u>	Página 3
---	-----------------

1.1 - Ubicación y vías de acceso

1.2 Sinopsis de los antecedentes

1.3 -Objetivos

1.4 - Metodología

<u>Capítulo 2 – Características del área de estudio</u>	Página 9
--	-----------------

2.1 - Clima

2.1.1 - Temperatura y precipitación media

2.1.2 - Vientos

2.1.3 - Mareas

2.2- Suelos

2.3 - Flora

<u>Capítulo 3 – Antecedentes geológicos</u>	Página 14
--	------------------

3.1– Geomorfología

3.2 – Geología

3.2.1 – Neógeno

3.2.2 – Cuaternario

3.3 – Marco tectónico

3.4 – Hidrogeología

Capítulo 4 –Aspectos geológicos de la Isla Jabalí.....Página 32

4.1 – Ubicación de las muestras

4.2 –Formación Baliza San Matías (Pleistoceno)

4.3 – Formación San Antonio (Holoceno)

4.4 - Formación Punta Villarino (Holoceno)

4.4.1 - Dunas inactivas

4.4.2 – Dunas activas

4.5 – Relación entre mineralogía y ambiente de depositación

4.6 – Resumen de la estratigrafía propuesta para el área de estudio

Capítulo 5 – Hidrogeología de la Isla Jabalí.....Página 56

5.1 –Hidrometeorología

5.1.1 - Balance Hídrico

5.2- Calculo de infiltración

5.3- Estudio de prospección geoeléctrica

5.3.1 - Prospección Eléctrica por Corriente Continua

5.3.2 - Procedimiento Empleado

5.3.3– Interpretación hidrogeológica de los SEV

5.4 – Correlación Geoeléctrica e hidroestratigrafía

5.4 .1 - Unidades hidroestratigráficas

5.5 – Mapa de Isoresistividad (Ωm)

5.5.1 - Perfiles hidroestratigráficos

5.6–Hidrodinámica

5.6.1 – Censo de pozos

5.6.2.-Alturas Piezométricas

5.6.3 - Mapa Hidrogeológico

5.7- Parámetros hidrogeológicos del Complejo Acuífero San Blas

5.7.1 – Porosidad total

5.7.2 – Porosidad Eficaz

5.7.3 – Permeabilidad

Capítulo 6 - Hidráulica del Complejo Acuífero San Blas Página 83

6.1 - Ensayos de bombeo

6.1.1 - Metodología y tipos de ensayos de bombeo

6.1.2 - Elección de captación y método de ensayo

6.2 - Ensayo de bombeo a caudal constante

6.2.1 – Interpretación del ensayo de bombeo a caudal constante

6.3 - Ensayo de Aforo a caudal constante y régimen permanente sin pozo de observación

6.3.1 - Resultados del ensayo de aforo en el Pozo N°8

6.3.2 - Resultados del ensayo de aforo en el Pozo N° 4

6.4 - Ensayo de recuperación

6.4.1 - Resultados del ensayo de recuperación en el Pozo N°8

6.5 – Determinación cualitativa de las pérdidas de carga

6.6 – Velocidad de Darcy y Velocidad real de flujo subterráneo

6.7 – Resumen de los aspectos hidráulicos

Capítulo 7 – Hidroquímica del Complejo Acuífero San Blas

.....Página 101

7.3 - Análisis físico-químicos

7.2.1 - Constituyentes hidroquímicos principales o mayoritarios

7.3 - Clasificación Hidroquímica

7.3.1 - Diagrama de Piper-Hill-Langelier

7.3.2 – Relación Cl/HCO_3

7.4 - Constituyentes hidroquímicos minoritarios

7.4.1. – Arsénico y Flúor. Génesis, movilidad y distribución

7.4.2 – El Arsénico y Flúor en l Isla Jabalí

7.5. - Constituyentes hidroquímicos antrópicos

7.5.1 Análisis de la presencia de nitrato

Capítulo 8 - Estimación de Reservas, recargas y descargas	Página 116
8.1 - Cálculo de Reservas	
8.2 - Cálculo de caudales de recarga, descarga y tránsito	
8.3 - Modelo hidrogeológico local	
Capítulo 9–Aspectos ambientales e impactos potenciales sobre el acuífero	Página 122
9.1 - Contaminación potencial. Criterios de análisis	
9.2 - Inventario de sitios potenciales en Isla Jabalí	
9.2.1 – <i>Cantera Bahía San Blas</i>	
9.2.6 – <i>Explotación de agua subterránea</i>	
9.2.3 – <i>Cementerio de San Blas</i>	
9.2.4 - <i>Saneamiento Urbano</i>	
9.2.5 - <i>Estaciones de servicio de combustibles</i>	
9.2.2 – <i>Repositorio de residuos no controlado</i>	
Capítulo 10–Conclusiones	Página 135
Agradecimientos	Página 138
Bibliografía	Página 139
Anexo I: Análisis textural de sedimentos	Página 147
Anexo II: Prospección geoelectrica	Página 153
Anexo III: Hidroquímica	Página 178
Anexo IV –Perfiles y Mapas	Página 206

Resumen

En el presente trabajo se realiza una caracterización hidrogeológica de la Isla Jabalí dentro de la cual se encuentra la localidad de Bahía San Blas, partido de Carmen de Patagones, Buenos Aires.

Para esto se realizó un relevamiento geológico e hidrogeológico del área, que incluyó prospección geoeléctrica, censo de pozos, análisis textural, mineralógico y geomorfológico de las unidades aflorantes, análisis químicos de muestras de agua subterránea y la reinterpretación de datos de bombeo, geoeléctricos y de química de aguas.

Combinando los datos obtenidos con los recopilados se generó cartografía hidrogeológica específica junto con un modelo de comportamiento hidrogeológico y se estableció la hidroestratigrafía de la región.

Se puede definir el denominado Complejo Acuífero San Blas como un acuífero de espesor relativamente constante (aproximadamente 10m), desarrollado principalmente en gravas de La Fm. San Antonio (Holoceno) y en las arenas de la Fm. Punta Villarino (Holoceno). Presenta recarga local producto de las precipitaciones, con flujo subterráneo siempre hacia los márgenes de la isla.

La calidad de sus aguas es variable, desde valores por debajo de los 1500 μS , hasta aguas salobres en depósitos paleoalbuféricos o donde existió una explotación intensa del acuífero local. Corresponden en su mayoría a aguas bicarbonatadas sódicas con una tendencia a aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas.

Desde un punto de vista hidráulico se obtuvieron parámetros esperables para un acuífero de comportamiento semilibre con un valor de transmisividad promedio de $T = 106,28 \text{ m}^2/\text{d}$ y un coeficiente de almacenamiento $S = 0,014$.

Se han calculado una Reserva Reguladora total de 10,03Hm³/año, una Reservas Efectivas: 18,18Hm³/año que conforman unas Reservas totales 72,74 Hm³/año.

Hemos estimando la demanda total del recurso sobre el Complejo Acuífero San Blas en 0,5 Hm³/año (sumatoria de la demanda de todos los usos) constituyendo el 5% de volumen de las Reservas Reguladoras el 2,75 % de las Efectivas. Se estimaron también datos de caudales de recarga, descarga y reservas. El caudal de recarga sería de 7128 m³/d y el de descarga de 4752m³/d determinando un caudal en tránsito de 2736 m³/d.

Se observó un fuerte aumento de los valores de salinidad desde el centro de la isla hacia sus límites (entre los 1000 $\mu\text{S}/\text{m}$ y los 4000 $\mu\text{S}/\text{m}$), registrándose ocasionalmente valores por debajo

de los 1000 $\mu\text{S}/\text{m}$ y valores extremos por arriba de los 5000 $\mu\text{S}/\text{m}$. Se clasificaron las aguas subterráneas de la isla según el diagrama de Piper como aguas bicarbonatadas sódicas a aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas. Se verifica como especie minoritaria la presencia de valores de Arsénico en concentraciones no deseables e inaptas para el abastecimiento humano que presentan evolución con los bombeos.

El acuífero San Blas responde a un modelo de recarga local debido al importante grado de permeabilidad de las unidades aflorantes en la isla. La recarga depende en su totalidad de las precipitaciones sobre la superficie de la Isla ya que no existe conexión hidráulica entre los depósitos que la conforman y aquellos desarrollados tierra adentro, más al oeste del Arroyo Jabalí.

Se identificaron los puntos de mayor vulnerabilidad del acuífero libre: Cantera San Blas, cementerio, relleno sanitario, estaciones de servicio y pozos ciegos. La propia explotación no gestionada de agua subterránea constituye una causa de impacto en el ambiente ya que la salinidad y el arsénico indican evolucionar con los bombeos, estar asociados a exceso de bombeo, o incluso en pozos construidos en depósitos paleoalbuféricos.

En cada caso se han propuesto las medidas correspondientes de mitigación o contención que pueden realizarse sin gastos solo modificando las prácticas de gestión del recurso agua y suelo.

1- Introducción

1.2 - Ubicación y vías de acceso

El área de estudio se encuentra al sudeste de la provincia de Buenos Aires, partido de Carmen de Patagones, a 952 Km de la Capital Federal. Comprende la totalidad de la Isla Jabalí, entre los $62^{\circ}19'20''$ W y $62^{\circ}10'05''$ W de longitud y los $40^{\circ}31'32''$ S y los $48^{\circ}38'50''$ S de latitud.

La isla limita al Oeste con el Arroyo Jabalí; al Noreste con el Canal San Blas que la separa de las Islas Flamenco y Gama; al Sudeste con el Océano Atlántico; y al Sur con el Arroyo del Guanaco. En mareas extraordinarias este último se conecta con el mar, lo que le otorga su carácter insular.

Se accede a la localidad a través de la ruta nacional N°3. Desde el norte vía Stroeder o desde el sur por Querencia, y de allí a J.B. Casas, recorriendo unos 70 km por camino de ripio (figura 1.1).



Figura 1.1: Ubicación de la zona de estudio.

1.2 - Sinopsis de los antecedentes

Los primeros estudios en el área fueron realizados por Witte (1916), quien relevó la geología de la zona haciendo hincapié en los depósitos emergidos y costeros de rodados.

Angelelli y Chaar (1964) realizaron estudios en las arenas de San Blas estableciendo leyes y reservas de los minerales pesados presentes en las mismas (hierro, titanio y circonio). Durante el mismo año Kronegold (1964) estudió al microscópico los minerales opacos contenidos en las arenas. Posteriormente Angelelli y Chaar (1967) realizaron nuevos estudios de minerales pesados ampliando los límites de su zona de trabajo.

Cortelezzi y Dillon (1974) llevaron a cabo estudios sedimentológicos de las playas aledañas a San Blas.

Ambrosini (1984) describió la geomorfología de la Isla Jabalí. Luego, Trebino (1987) realizó una descripción geológica y geomorfológica de mayor detalle, con dataciones ^{14}C en conchillas de los depósitos de cordones litorales de la isla.

Spalletti *et al.* (1986) realizaron estudios composicionales de las psefitas actuales de la Argentina, entre ellas las gravas de la Isla Jabalí, determinando áreas de procedencia, y su significado tectónico.

Bonorino y Carrica (1991) realizaron un estudio hidrogeológico preliminar para la provisión de agua a Bahía San Blas y definieron la locación del actual campo de bombeo de la Isla.

Auge M. (2004) estudio la hidrogeología de la Argentina y caracterizó, entre otros, los acuíferos costeros bonaerenses. Ubicó la zona de estudio dentro de la Región Hidrogeológica denominada como Norpatagónica.

Etcheverría *et al.* (2006) llevaron a cabo la realización de las Hojas Geológicas 4163 - II/IV y I/III. Viedma y General Conesa. La misma abarca la totalidad de la zona de estudio.

Cuadrado y Gómez (2010) estudiaron la geomorfología y dinámica del canal San Blas. Durante el mismo año Isla *et al.* caracterizaron las marismas saladas presentes en el área en base a las especies *Sarcocornia* y *Spartina*.

Álvarez *et al.* (2011) estudiaron los vientos en la zona, junto con las velocidades y direcciones de las corrientes del Canal San Blas.

Blanco (2012) estudió con mayor detalle la geomorfología de la isla obteniendo a su vez un modelo de evolución geomorfológica de la misma.

1.3 – Objetivos

Se planteó como objetivo de este estudio la caracterización hidrogeológica de la Isla Jabalí mediante la generación de cartografía hidrogeológica y la propuesta de una hidroestratigrafía en base a las unidades geológicas identificadas en el área.

También comprender y modelizar el comportamiento de las aguas subterráneas de la zona con el fin de proveer a los encargados de gestionar el recurso en Bahía San Blas las herramientas necesarias para poder manejarlo de manera sostenible.

Identificar los potenciales impactos sobre el acuífero y efectuar las recomendaciones correspondientes a cada caso en particular.

1.4 – Metodología

Se comenzó con la recopilación bibliográfica la cual consistió en el análisis de las publicaciones regionales más importantes de los últimos treinta años. Si bien la geología regional ha sido objeto de numerosos estudios, la hidrogeología de la zona costera en esta parte de la provincia de Buenos Aires ha sido realizada en bases a información muy dispersa y fragmentaria en el tiempo y el espacio. La información hidrogeológica proviene en gran medida de los periodos previos a la década del noventa del pasado siglo.

Uno de los objetivos fue integrar información básica (hidráulica e hidroquímica) en una base de datos o planilla de datos relacionada a puntos de muestreo, piezómetros u otros puntos de agua; la misma puede integrarse con datos posteriores, tanto hidrogeológicos como de otro tipo, para facilitar análisis hidrogeológicos o ambientales más sistémicos. Además el hecho de tener la información organizada de esta manera hace posible la futura implementación de un SIG. En este trabajo se ha realizado la primera parte de este proceso empleando conjuntamente la cartografía temática digital a partir de la base de datos confeccionada.

En el trabajo de campo, la primera etapa consistió en un relevamiento geológico del área determinando las principales unidades de interés hidrogeológico.

Se levantaron dos perfiles, uno en la cantera Bahía San Blas y otro sobre el acantilado ubicado a lo largo de la costa noreste de la isla. De ambos afloramientos se tomaron muestras para la posterior realización de un análisis textural y mineralógico de las mismas.

El siguiente paso fue la realización de un censo de pozos, tomando niveles en casi ochenta puntos de control, entre piezómetros, molinos, pozos domiciliarios, aljibes y manantiales (Figura 1.2). Se tomaron muestras de agua donde esto fue factible, registrando *in situ* y en todos los casos pH y conductividad.

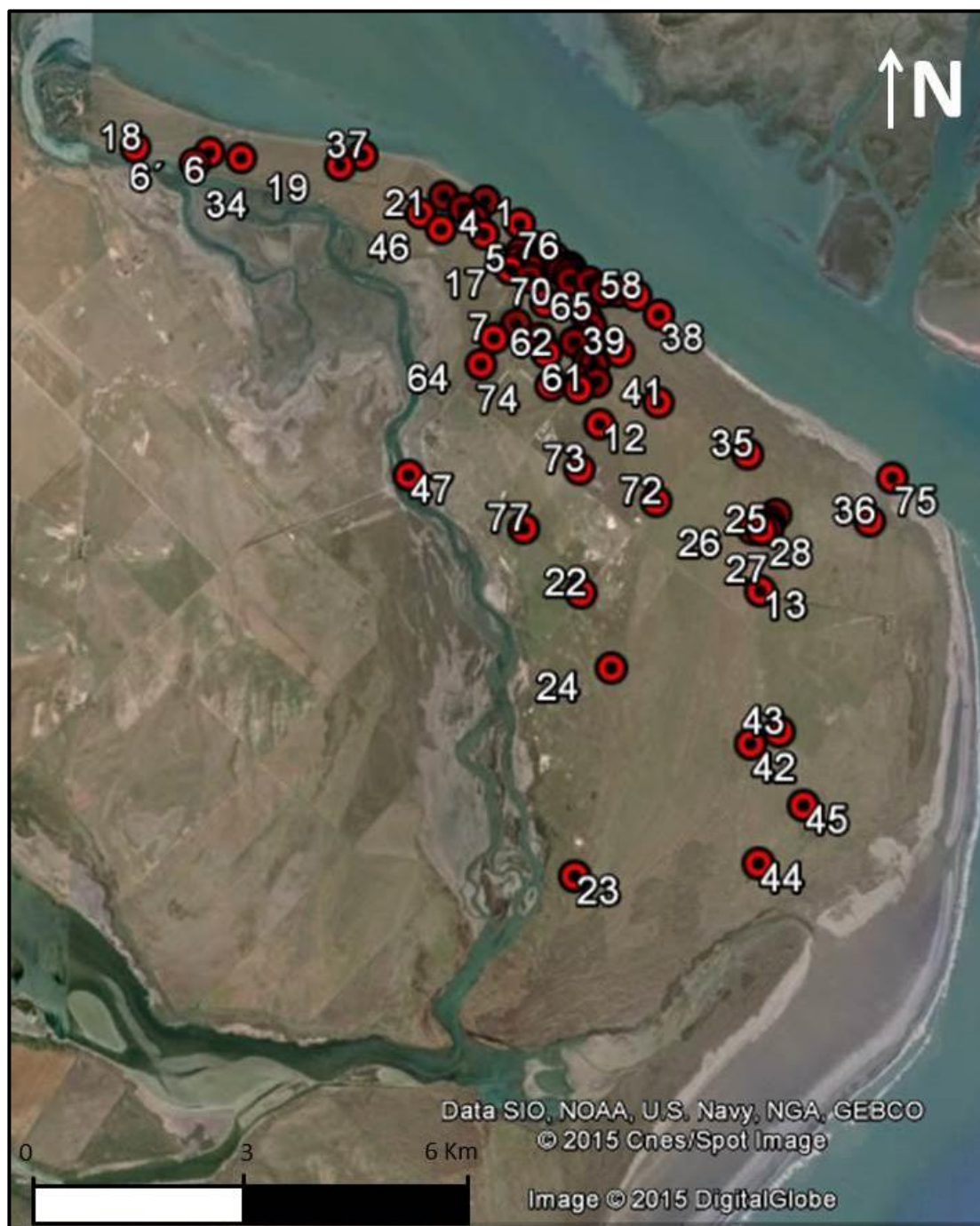


Figura 1.2: Puntos relevados en el censo de pozos

Los puntos de muestreo fueron georreferenciados utilizando GPS y altímetro barométrico de precisión. Las mediciones se realizaron con sonda piezométrica, conductivímetro y pHímetro digitales.

Se llevaron a cabo 19 sondeos eléctricos verticales abarcando prácticamente la totalidad de la isla con el objeto de reconocer cambios litológicos, salinos y geometría de las unidades acuíferas. Se realizó un ensayo de bombeo a caudal constante con pozo de observación en el campo de bombeo del Municipio de Bahía San Blas, un ensayo de recuperación y dos de aforo.

La cartografía temática tiene una aplicación importante en hidrogeología, por ser la herramienta utilizada para producir documentos cartográficos que tienen por finalidad orientar, planificar y apoyar la toma de decisiones vinculadas a la gestión del recurso agua subterránea. Los mapas pueden mostrar una situación actual de los acuíferos, la distribución geográfica actual de alguna característica hidrogeológica, el equilibrio de sus presiones, la hidroquímica y según el caso los riesgos potenciales eventos futuros.

La información cartográfica de base es originalmente vectorial, es decir se la ubica por coordenadas en un sistema ortogonal Gauss-Krügger que emplea el IGN en sistema POSGAR 2007. Por esta razón el dato de base es puntual y es fundamental su referenciamiento in situ. El uso de GPS en el campo para asignar coordenadas geográficas y mantener la información georeferenciada determinó que la misma este adecuadamente georeferenciada con una precisión de 3m, suficiente para este trabajo.

En todos los casos la información analógica producida se ha digitalizado respetando la escala gráfica, hecho que permitió imprimir los mapas en cualquier formato. Se ha digitalizado de modo tal que se disponga de los datos de manera flexible y organizada, tratando de atomizar de la mejor manera posible la información, ubicando en distintas capas los datos obtenidos.

La cartografía hidrogeológica se ha integrado digitalizando y correlacionando la información topográfica, volcados sobre las hojas 1/50000 del I.G.M. “Bahía San Blas” (Hoja 4163-11-4) y “Estancia La Serrana” (4163-11-3). La misma ha sido interpolada a partir de datos puntuales de pozos y puntos de agua por el método de interpolación estadístico de Krigging, método geoestadístico de estimación de puntos que utiliza un modelo de variograma para la obtención de datos en una maya ortogonal. Calcula los pesos que se darán a cada punto de referencia usados en la valoración. Esta técnica de interpolación se basa en la premisa de que la variación espacial continúa con el mismo patrón. Se adoptaron condiciones e borde que pueden resumirse según:

- ✓ Línea de costa como límite de descarga con nivel potenciométrico constante de 0 m.s.n.m. dado que no se conoce el equilibrio de presiones más allá de este límite.
- ✓ Línea de costa como límite de salinidad constante de 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ porque se intenta simular un escenario hacia dentro de la isla y no se conocen las características de la interfase salina.

Posteriormente a este proceso todas las curvas interpoladas han sido corregidas manualmente adaptándola a los criterios hidrogeológicos consecuentes del trabajo de campo y gabinete mejorando su representatividad regional.

Finalmente, en gabinete, se realizó la interpretación del conjunto de información. En algunos casos la interpretación fue inédita y en otros se reinterpretaron datos perfilajes geoelectrónicos realizados por el S.P.A.R. (Servicio provincial de agua potable y saneamiento rural), que siendo informados no habían sido interpretados.

También se reinterpretaron datos hidroquímicos del S.P.A.R, el municipio de Bahía San Blas y Bonorino y Carrica (1991) en el contexto de la nueva información generada en este estudio dándole así mayor representatividad. La última fase incluyó la edición, adaptación y revisión del texto de este trabajo final de licenciatura.

2- Características del área de estudio

2.1 – Clima

2.1.1 – Temperatura y precipitación media

Según los datos de la de la estación meteorológica Viedma del Servicio meteorológico nacional (SMN) entre los años 2001 y 2010 el área de estudio presenta una temperatura media anual de 14,5 °C, con una máxima absoluta de 33,2 °C y una mínima absoluta de -2,6°C. La precipitación media anual es de aproximadamente 375,9 mm con picos en los meses de febrero y marzo de alrededor de 58 mm. Los valores más bajos de precipitación corresponden a los del mes de noviembre con 16,2 mm. (Tabla 2.1).

Mes	Temperatura media (°C)	Precipitación media (mm)
Enero	22,6	21,7
Febrero	21,2	58,6
Marzo	18,7	57,2
Abril	13,8	32,2
Mayo	10	29,2
Junio	7,4	21,9
Julio	6,8	36,7
Agosto	8,3	21,2
Septiembre	10,9	25,2
Octubre	14,8	33,1
Noviembre	17,5	16,5
Diciembre	20,8	22,4
Anual	14,4	375,9
Máxima absoluta	33,2	-----
Mínima absoluta	-2,6	-----

Tabla 2.1: Valores de precipitación y temperaturas producto de la estación meteorológica Viedma del Servicio meteorológico nacional (SMN) (2001-2010).

2.1.2 – Vientos

A partir del análisis de los datos obtenidos a partir de estaciones EMAC (estación de monitoreo ambiental costero), Álvarez et al.(2011) concluyeron que la dirección de viento de mayor frecuencia fue la proveniente del sector N-NNE (Figura 2.2a), con un promedio anual de 35 km/h(Figura 2.2b) Los vientos variaron de acuerdo a la estación del año, siendo la primavera y el verano las estaciones más ventosas, con una velocidad promedio de 30,6 km/h y 33,7 km/h, respectivamente.

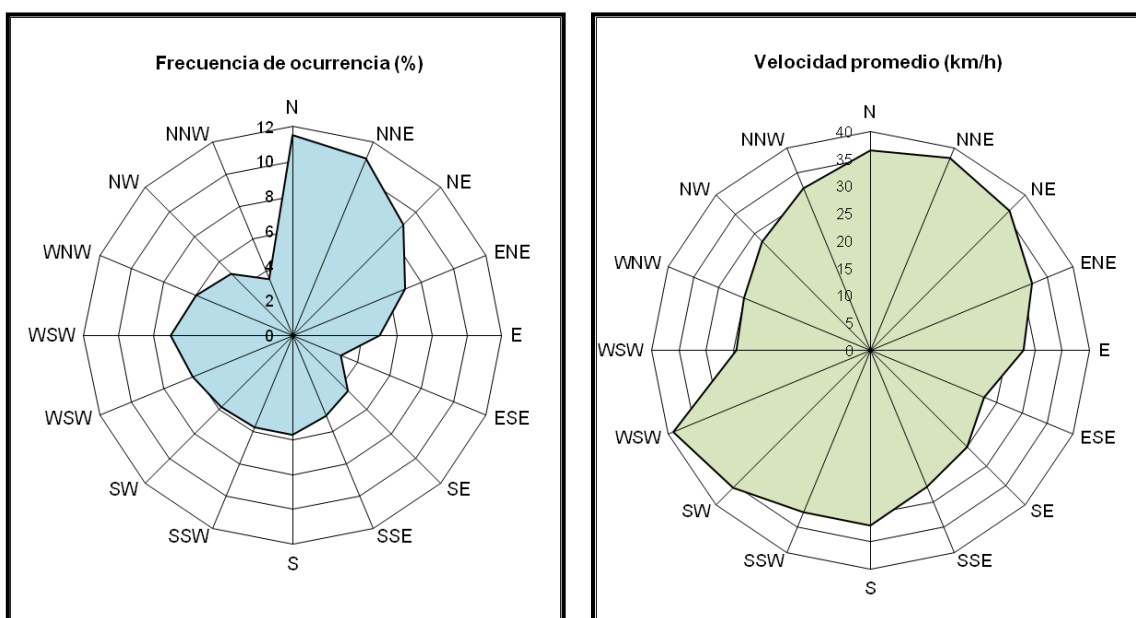


Figura 2.1: Tomado de Álvarez *et al.*, 2011. Frecuencia de ocurrencia (%) y velocidad promedio del viento (km/h).

2.1.3 – Mareas

De acuerdo a los datos del Servicio de Hidrografía Naval para el período 2012, el régimen de mareas es mixto, preponderantemente semidiurno.

En la siguiente tabla (2.3) se pueden observar las alturas de marea, referidas al plano de reducción que pasa 1,39 m. por debajo del nivel medio del mar. Según la clasificación de Hayes (1979) el régimen de mareas es micromareal a mesomareal.

Alturas en metros sobre el plano de reducción				Amplitud	
Pleamar		Bajamar			
Máxima	Media	Más baja	Media	Máxima	Media
2,60	2,24	0	0,55	2,58	1,69

Tabla 2.2: Tabla de mareas del Servicio de Hidrografía Naval para el año 2012

2.2 – Suelos

Según la versión digital (SIG) del Atlas de suelos de la República Argentina (INTA, 2008) en el área de estudio se encuentran dos tipos de órdenes de suelos: molisoles y entisoles (Soil Taxonomy, 1975) (figura 2.2).

Los primeros predominan las planicies de la isla Jabalí, en especial los Haplustoles énticos. Son suelos excesivamente drenados que carecen de horizonte B y no superan 1m de espesor. El horizonte superficial tiene aproximadamente 0,25 m de espesor, escasa materia orgánica y textura franco arenosa. El horizonte AC es de unos 0,35 m, es de textura franco arenosa y escasa cantidad de carbonato de calcio pulverulento. Asociados a estos, se encuentran suelos Ustipsamientos típicos (entisoles) en las planicies con mayor contenido de arena.

Los entisoles son suelos, que por definición, no presentan desarrollo definido de sus perfiles. Se reconocen 2 subgrupos dominantes: Ustifluventes acuicos y Torripsamientos típicos.

El primero, con menos de un metro de espesor, se desarrolla en planicies de marea anegables, formados por sedimentos marinos. Es un suelo levemente alcalino; presenta textura franco limosa y un drenaje muy pobre. Al no poseer horizontes genéticos, las capas sedimentarias son diferenciadas por color. En depresiones cerradas se encuentran asociados a Natrustalfes típicos (alfisoles).

Los Torripsamientos típico se encuentran en las zonas de dunas. Carecen de alcalinidad y de salinidad. En algunos sectores alcanza 1 m de espesor. El horizonte superficial puede tener unos 30 cm de espesor, carece de materia orgánica y presenta textura arenosa. El drenaje es excesivo. En planicies arenosas se encuentran asociados a Haplustoles arídicos (molisoles). Los mismos no superan el metro de profundidad, están excesivamente drenados y no poseen horizonte B. El horizonte superficial puede alcanzar 25 cm de espesor, carece de materia orgánica y presenta textura franco arenosa.

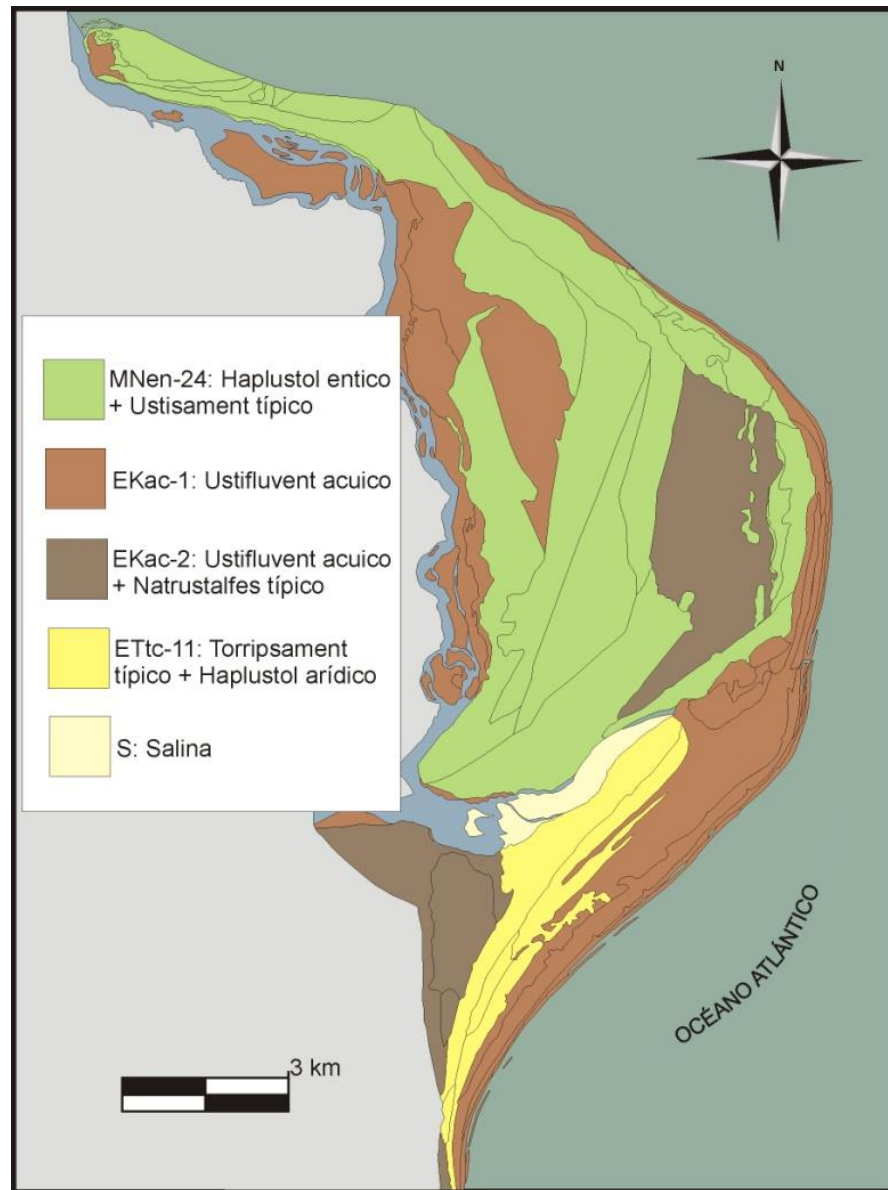


Figura 2.2: Distribución espacial de los suelos del área de estudio. (Tomado de Blanco, 2012, modificado de INTA, 2008)

2.3 – Flora

El área se encuentra incluida dentro de la ecorregión Espinal (Cabrera, A. L. 1951, 1953, 1976). La misma, como un gran arco, rodea por completo la llanura pampeana o mejor dicho la formación o ecorregión del pastizal pampeano que se caracterizaba principalmente por su carencia total de árboles.

Más específicamente la Isla Jabalí se encuentra dentro del denominado Distrito del Caldén, sub región dentro del Espinal. La misma se extendía desde el sudoeste de Córdoba y hasta borde sur de las sierras de San Luis. Hoy solo quedan escasos relictos y con algunos ejemplares aislados al sur del río Colorado.

El caldenar o caldenal es llamado así por estar constituido de una especie de algarrobo exclusivo de la flora argentina. Allí el caldén forma bosques espinosos más o menos densos con algunas abras con sabanas de gramíneas y afloramientos de dunas con vegetación sammófila y parches de suelos salados con matorrales o estepas halófilas.

Entre los estudios más clásicos de esta formación se destacan los que realizaron Cano y Movia (1967) y Anderson et Al. (1970).

En el estrato arbustivo aparecen el piquillín, el atamisqui, el pico de loro o fruta del quirquincho, el abreboca o piquillín del loro, el yaoyín, el alpataco, la pichana, el manca caballo, el solupe y la jarilla hembra. Esta última se propaga como invasora cuando se destruye el bosque y es como un elemento del Monte que avanza sobre el Espinal ante la intervención humana.

El estrato herbáceo es rico en especies de gramíneas o poáceas de los géneros *Trichloris*, *Elionurus*, *Schizachyrium*, *Setaria*, *Stipa* y *Poa* y dos compuestas del género *Baccharis*, una de las cuales se conoce como yerba de la oveja. No es raro ver en el suelo unas curiosas flores pardas leñosas de una fanerógama parásita de las raíces y que se conoce como flor de tierra o guachar.

Otras comunidades interesantes que se han descripto para este distrito son la estepa de flechillas con predominio de varias gramíneas de los géneros *Stipa*, *Piptochaetium*, *Poa*, *Digitaria*, entre otros y sobre la que avanzan algunos arbustos como la brusquilla, el alpataco, el piquillín, la mata chirriadora y el manca caballo pero en bajo número, salvo en los terrenos muy sobrepastoreados o donde el pastizal se degradó.

En las dunas aparece la estepa sammófila con neto predominio de dos gramíneas rizomatosas como el junquillo o el tupe o ajo macho siendo frecuentes el olivillo que es una compuesta, al igual que el romerillo. En los parches de suelo salino predomina el arbusto conocido como matorro o palo azul y otros como la xampa, las salicornias y el calaguala o guaicura. Esta comunidad es compartida con el Monte y el Chaco árido, repitiéndose prácticamente las mismas especies. En suelos hipersalinos, se suman a la salicornia, otra jume (*Heterosthachys Ritteriana*) y *H. olivascens*, así como *Allenrolfea patagónica* que sumados a la xampa o cachiuyo y a algunos pastos y cactus halófilos.

3 – Antecedentes geológicos

3.1 – Geomorfología

El área de estudio presenta un paisaje compuesto. Los procesos reconocidos fueron marinos, eólicos y fluviales, en orden de importancia.

Siguiendo lo propuesto por Blanco (2012) en la zona se reconocen las siguientes unidades geomorfológicas (Figura 3.1):

1) Terrazas marinas de acumulación

Fueron reconocidos 5 niveles. El primero de ellos (terrazza I) se encuentra al Sur de la isla, fuera del área de estudio, a 9 m.s.n.m. Trebino (1987) le atribuye edad Pleistocena en base a dataciones ^{14}C realizadas en conchillas encontradas en los cordones litorales.

Dentro de la Isla Jabalí se registran 4 niveles. El primero (terrazza II) se ubica en el centro de la isla, entre 8 y 6 m.s.n.m. Las dataciones ^{14}C (Trebino, 1987) sobre conchillas arrojaron una edad de 5.370 ± 110 años AP, y de 4100 ± 95 años AP (Holoceno medio).

La terraza III se encuentra al Oeste y Noroeste de la terraza II, entre 5 y 4 m.s.n.m. Los cordones se encuentran bien preservados y cubiertos de vegetación en su totalidad.

La terraza IV se ubica entre 3 y 2 m.s.n.m al Oeste de la terraza III, al Sur y a al Noreste de la isla Jabalí cubierta por dunas inactivas.

La terraza V corresponde a los depósitos más recientes de la isla, ubicados a 1 m.s.n.m, al Noroeste de la isla.

2) Paleoalbúferas

Presentan relieve llano a levemente ondulado. Predomina la arena limosa con gravas esporádicas en superficie. Blanco (2012) reconoce 3 niveles: el primero de ellos se ubica entre distintos sistemas de cordones litorales correspondientes a la terraza II y al oeste de la misma. El segundo nivel se encuentra en el centro-este de la isla, a 2 m.s.n.m, y el tercer nivel a 1m.s.n.m al Oeste del área.

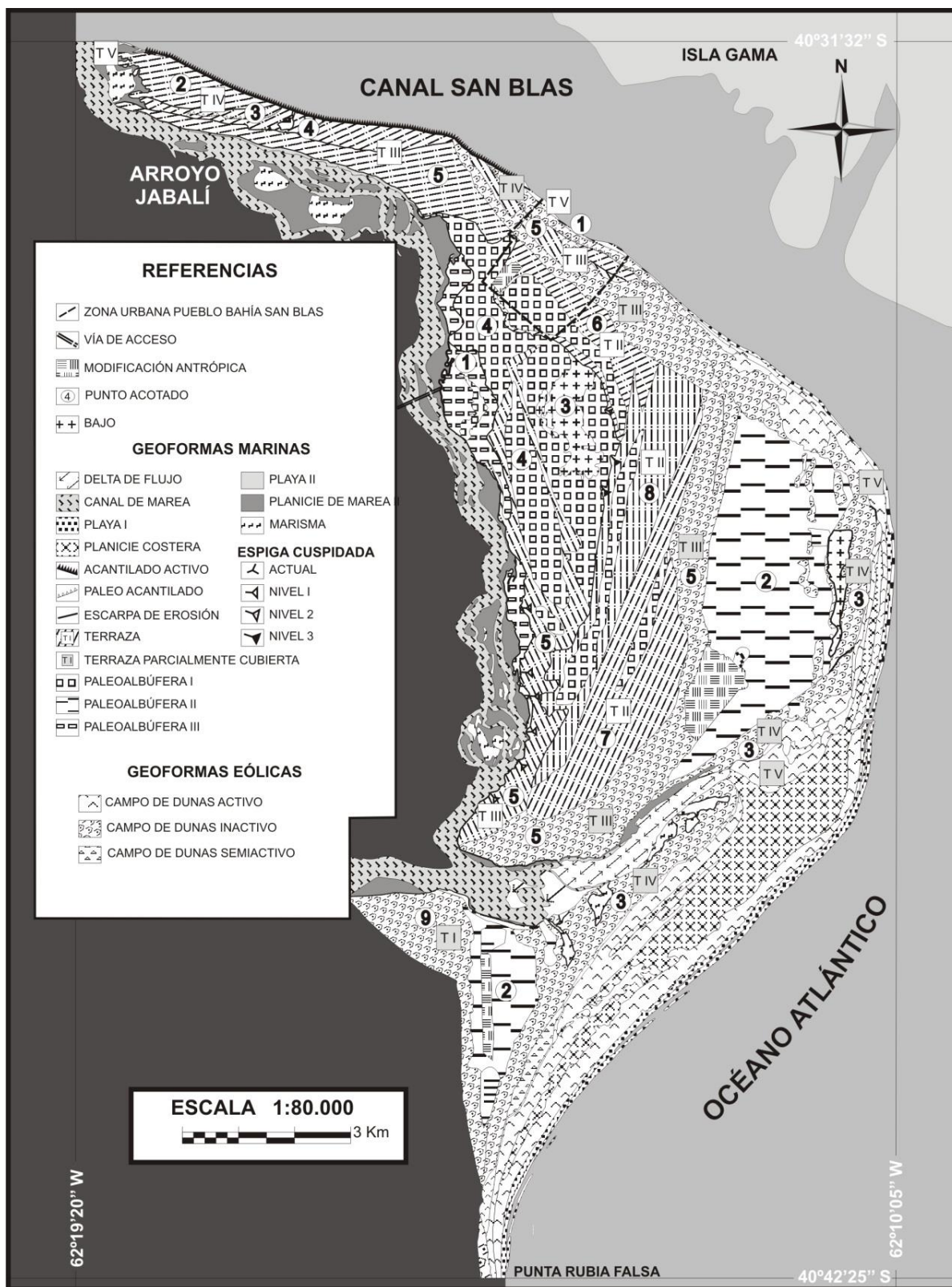


Figura 3.1: Mapa geomorfológico de la Isla Jabalí (Blanco 2012)

3) Antiguas costas de erosión

Se reconocen paleoacantilados y escarpas marinas de erosión. Los primeros se encuentran al Norte y Noreste de la isla entre terrazas de acumulación. Se encuentran estabilizados y completamente vegetados. El primer nivel separa la terraza III de la IV y el segundo la IV de la V, ambos con una altura aproximada de 1m.

Las escarpas marinas de erosión se encuentran en diversos sectores, no llegan a desarrollar más de 1 metro de altura y separan terrazas de acumulación de paleoalbéferas.

4) Sistema albuférico actual

Se desarrolla al oeste de la isla y comprende la planicie de mareas del arroyo Jabalí, el canal de mareas, espigas cuspidadas y un delta de flujo.

En la planicie de mareas se distingue la zona submareal (baja inclinación, menor a 2°), con un ancho aproximado de 3 metros y compuesta por arena fina. La zona intermareal, de inclinación menor a 2 grados, puede presentar de 10 a 500 metros de ancho, dependiendo la zona. En algunos sectores es predominantemente limosa (*mudflat*), y se encuentra por sectores colonizada por *Spartina* (Isla *et al.*, 2010). En otros predomina la arena (*sand flat*), donde prolifera la *Sarcocornia*. La zona supramareal presenta extensiones desde los 5 hasta los 200 m. Es aquí donde se desarrollan los marismas donde también domina la *Spartina* (Isla *et al.*, 2010)

El canal de mareas conformado por el arroyo Jabalí y el arroyo del Guanaco es sinuoso y presenta numerosos canales de menor magnitud que en sus extremos presentan evidencias de fluvialización.

El Delta de flujo (al sur de la isla Jabalí) presenta una longitud aproximada de 4,3 km y un ancho que varía entre los 0,8 y los 0,2 kilómetros. La zona interna presenta inclinación menor a 2°, predomina la arena fina, y se encuentra atravesada por los canales antes mencionados. Ocupa un área aproximada de 1,1 km². Presenta pequeños encharcamientos debido a su deficiente drenaje y se encuentra vegetada con pequeños parches de *Spartina A.*, y de *Sarcocornia P.*

Las Espigas cuspidadas se adosan a los bordes del canal de marea. Están compuestas por grava y arena. Presentan un largo promedio de 20 metros y un ancho menor a 6 metros. Son asimétricas hacia el Este, indicando una mayor energía de las corrientes de flujo en este sentido.

5) Costas de acumulación actuales

Dentro de esta unidad se encuentran las playas, las dunas incipientes, mantos de arena y dunas costeras. Se reconocen (de acuerdo a Blanco, 2012) 3 modelos de playa:

- ✓ El primero de ellos se desarrolla al noreste de la isla Jabalí. Desde la punta norte se extiende por 10 kilómetros hasta la transición con la playa de arena. Se caracteriza una playa distal angosta, con inclinación promedio de 3° , formada por gravas. En esta es posible distinguir una berma estacional, de 5 m de ancho. Hasta los $40^\circ 32' 42.7''$ S- $62^\circ 14' 28.3''$ O esta playa culmina en la base del acantilado activo. A partir de aquí, coincidente con una marcada inflexión en la línea de costa, y por 3,7 kilómetros la misma presenta una berma estable y culmina en cordones litorales. La playa frontal, también dominada por gravas, presenta una pendiente promedio de 15° y un ancho promedio de 12 metros. Es posible distinguir barras de lavado, y acumulaciones de regolito (pequeñas barras) que se forman dependiendo de la amplitud de marea. La cara de playa presenta muy baja inclinación (menor a 1°). El sustrato es arenoso con gravas aisladas en superficie. Sobre estas se han fijado ostras (*Crassostrea Gigas*) y otros bivalvos. La proliferación de las mismas ha llegado a desarrollar arrecifes de ostra.
- ✓ El segundo modelo de playa se desarrolla transicionalmente desde el final del modelo 1 hasta punta Rubia Falsa. La playa distal presenta composición dominante arenosa. Su extensión es de aproximadamente 5 metros y es posible identificar en ella bermas estacionales. La playa frontal presenta una inclinación menor a 3° , de composición arenosa predominante.
- ✓ El tercer modelo de playa se desarrolla al noroeste de la isla (margen este del arroyo Jabalí). Presenta la playa distal angosta, compuesta de grava, en la que se puede identificar una berma estacional de 2 metros de ancho aproximadamente. La playa frontal, de composición gravosa y areno fangosa, presenta una extensión promedio de 5 metros. En esta es posible reconocer pequeñas barras de lavado y acumulaciones de regolito cambiantes según las mareas.

Las Dunas incipientes y mantos de arena suprayacen a los depósitos de playa y los cordones litorales pertenecientes a la terraza V. Presentan espesores que no superan los 30 centímetros y en algunos casos pueden estar vegetados por *Spartina*.

Las Dunas costeras se desarrollan en el centro-este la isla y se extienden como una faja paralela a la costa por 1,5 km. Presentan una altura máxima de 3 metros, no exhiben morfologías bien definidas, y en algunos sectores se encuentran vegetadas.

6) Costas de erosión actuales

Comprende un acantilado activo que se extiende a lo largo de 5,8 kilómetros al Noreste de la isla. Se encuentra labrado sobre antiguos cordones litorales, que forman parte de las terrazas de acumulación marina III, IV y V. Se componen de sedimentos no consolidados. En la parte superior del acantilado se reconocen dunas inactivas. Su altura aumenta de Norte a Sur, pasando de 50 centímetros a 5 metros sobre el nivel de playa. Este incremento coincide con la altura de las terrazas afectadas.

7) - Geoformas de origen eólico

Se diferencian, de acuerdo a su actividad tres campos de dunas: activos, inactivos y semiactivos.

- ✓ Campo de dunas inactivo: Se caracteriza por estar cubiertos de vegetación en su totalidad. Se encuentran en gran parte de la zona de estudio. Suprayacen terrazas de acumulación y paleoalbéferas. Las morfologías dominantes son dunas parabólicas, longitudinales por ruptura de parabólicas, dunas en voladura (en su mayoría circulares) y depósitos eólicos sin morfologías definidas. Dependiendo del sector los campos de dunas presentan diversos espesores, desde 50 centímetros hasta 4 metros.
- ✓ Campo de dunas activo: Se caracterizan por estar desprovistos de vegetación, por lo que la arena presenta gran movilidad. Bordea la playa hacia el sur. Se reconocen crestas transversales, crestas barjanoides y barjanes. En la mayor parte de los sectores las crestas se presentan con rumbo predominante NO-SE, con la cara de impacto al NE y la de

deslizamiento al SO, indicando que los vientos dominantes provienen del NO. Sus alturas varían de 1 a 5 metros. En los sectores interdunales hay presencia de gravas esporádicas.

8) Costas biogénicas

Los Arrecifes de ostras se desarrollan en las planicies de marea del arroyo Jabalí, y en la cara de playa del canal San Blas. La ostra se fija sobre las gravas esporádicas. No son continuos. Las acumulaciones biogénicas se desarrollan en parches que pueden adquirir diversos tamaños, desde apenas 30 centímetros hasta más de 5 metros de diámetro. Su altura no supera los 20 centímetros controlada, probablemente, por el embate de las olas.

Desde el primer día de relevamiento se intuyó la estrecha relación entre la geomorfología y las características del acuífero desarrollado en el área de estudio. Tras el avance de la campaña, esta primera observación fue confirmándose hasta el punto de utilizar los campos geomorfológicos como primer criterio para comenzar a discutir los límites del mismo. Más aún, la geomorfología toma un rol clave al momento de estimar áreas de recarga y parámetros del acuífero.

3.2 - Geología

3.2.1 – Neógeno

Formación Río Negro (Andreis 1965)

Fue reconocida por primera vez por D'Orbigny (1842). Luego Roth (1898) las denominó "Areniscas del Río Negro". Es homóloga a la Formación Belén (Kaaschieter 1965).

Son areniscas de color gris, grano fino y presentan una típica estratificación entrecruzada. Suelen incluir mantos delgados de caliza terrosa. También se observan finos mantos arcillosos, generalmente en niveles superiores. Hacia el techo de la unidad se reconoce una ingresión marina evidenciada por la presencia de bancos de ostras; *Ostrea mariana* Ih.

Witte (1916) y Franchi (1977) le atribuyen un origen continental. La consideran como un piso de formación desértica y proponen una analogía con las dunas activas actuales basándose en la

estratificación de las areniscas. Zambrano (1980) atribuye el origen de estos depósitos a acumulaciones fluviales, asociando la parte inferior de los mismos a deltas y estuarios.

La edad es asignada al Plioceno inferior, en base a los trabajos de Lizuain (1983) y Alberdi *et al.* (1997). El primero relevó un perfil al este de la salina del Gualicho, y halló restos fósiles de Mesotheridae (Notoungulata), asignables al Plioceno inferior. El segundo autor realizó una datación por trazas de fisión sobre un vidrio volcánico riolítico muy puro intercalado en la parte superior de esta unidad en la desembocadura del río Negro, la cual arrojó una edad de $4,41 \pm 0,5$ Ma (Plioceno inferior). Se encuentra aflorante al Sur de Punta Rubia Falsa.

Frenguelli (1950) reconoce el “Puelchense” en discordancia erosiva sobre la Formación Río Negro. Reconoce en ambas la misma composición de las arenas, salvo por su color y granulometría. Estos depósitos son de color más claro y más finos.

Le confiere a su vez un origen por remoción eólica de la parte superior de la Formación Río Negro.

El Puelchense de San Blas fue comparado y sincronizado con el Loess Pampeano, pero corresponde en cambio a las areniscas subpampeanas, similares a las que se encuentran en el subsuelo de Buenos Aires y en las barrancas del río Paraná, Entre Ríos (Frenguelli 1950).

3.2.2 – Cuaternario

Pleistoceno

Depósitos de grava arenosa (antigua planicie aluvial):

Corresponde a los denominados “Rodados Patagónicos” y agrupan a todos los depósitos de grava arenosa ubicados en los distintos niveles topográficos de la región patagónica, extendiéndose desde el sur del río Colorado hasta Tierra del Fuego, excluyendo los depósitos gravo-arenosos marinos de la costa atlántica (Trebino 1987).

Con respecto a su origen, hay diversas opiniones. Darwin (1846), les asignó un origen marino. Mercerat (1893) y Hatcher (1903) también los consideraron marinos, en tanto que Doering (1882) y Hauthal (1899) fluvio-glaciarios. Más tarde, Keidel (1917, 1919), Groeber (1936) y Caldenius (1940) los asociaron a un origen aluvial, determinándolos como depósitos de abanicos aluviales.

Fidalgo y Riggi (1970) descartan el origen glacial de las gravas, opinando que han sido depositadas por corrientes de agua que fluyeron de oeste a este. Cortelezzi *et al.* (1965 y 1968) realizaron el primer estudio analítico de los rodados. Los citados autores, sobre la base de datos estadísticos de petrofábrica, redondez, achatamiento, granulometría y petrografía, llegaron a concluir que han actuado varios agentes, siendo los ríos los que han tenido mayor influencia, y descartan el origen glacial de los rodados. La mayoría de los autores citados señalan que los “rodados” suelen estar formados por clastos redondeados, de hasta 5 cm de diámetro medio, provenientes de vulcanitas, andesitas, basaltos y, en menor medida, rocas piroclásticas. Como accesorios presentan clastos de granitos, rocas calcedónicas, lava vesicular y pómez. Estos depósitos se disponen en posición subhorizontal, y en determinados sectores reconocen niveles de cementación calcárea. En cuanto a la edad, Keidel (1917 y 1919), Feruglio (1950) y Fidalgo y Riggi (1970) los asignaron al Plioceno tardío sobre la base de relaciones estratigráficas. Se encuentran en discordancia erosiva sobre la Formación Río Negro.

Arenas edafizadas de antiguos médanos:

Se ubican sobre los “rodados patagónicos”. El espesor de los depósitos de arena oscila de unos pocos centímetros a los 5 m y se componen de arena de grano fino y color castaño claro. En los mismos no es posible observar estructuras sedimentarias debido al grado de edafización. Se le atribuye origen eólico en base a sus rasgos morfológicos, su tamaño de grano, buena selección y mineralogía liviana (Trebino 1987).

Formación Baliza San Matías (Angulo et al- 1978)

Constituyen con frecuencia las denominadas restingas en las vecindades de Piedras Coloradas, Las Grutas, norte y oeste de Punta Delgado, sureste de Punta Perdices y Baliza San Matías, lugar este último donde se hallan los asomos más extensos, a lo largo de unos 10 km sobre la costa de la espiga hacia el este. Sólo son observables con la marea baja, quedando casi la totalidad del depósito entre los niveles de pleamar y bajamar.

Porro y Fidalgo (1981) efectuaron dos dataciones Carbono 14 que dieron cifras mayores de 27.000 años. En San Antonio Oeste 17 y 40.000 años, lo que junto a la presencia de moluscos

actuales, la posición estratigráfica y las características sedimentológicas los llevó a asignarla al Pleistoceno superior. (Martínez, H., Nañez, C., Lizuain, A., Dal Molin, c., Turel, A., 2001).

Rodados y gravas de cordones litorales pleistocenos:

Se localizan al O del arroyo Jabalí (fuera del área de estudio). Los depósitos presentan espesores de 10 a 12 m y clastos redondeados menores a 5 cm, mayormente provenientes de rocas volcánicas. Como constituyente secundaria, a veces como matriz, se reconoce arena fina que se encuentra cementada por carbonato de calcio.

Su origen resulta de la removilización y depositación por acción marina de material clástico, proveniente de acumulaciones fluviales previas, como los “rodados patagónicos”. Su edad es pleistocena sobre la base a 2 dataciones ^{14}C , realizadas en conchillas de bivalvos encontradas en los depósitos (Trebino, 1987). El mismo aclara que no es posible identificar la especie, y que no se evidencia ataque químico o incrustaciones en estos restos. Dichas dataciones señalan edades de 29120 ± 970 y 24570 ± 110 años AP.

Rutter et al. (1989, 1990), en un estudio sobre los niveles marinos cuaternarios de la Patagonia, obtuvieron edades por ESR (Resonancia del espín electrónico) y por recemización de aminoácidos en moluscos de sistemas pleistocenos del área del Faro Segunda Barranca, 25 km al sur de Bahía San Blas. Las edades ESR dieron valores entre 102.000 y 108.000 años AP para la terraza más elevada y de 72.000 a 94.500 años AP para el nivel contiguo inferior. Se infirió que todo el conjunto pertenece a la misma unidad estratigráfica depositada durante el último interglacial (MIS 5e), equivalente a la terraza V de Feruglio (1950) y al Belgranense (Ameghino, 1889).

Holoceno

Rodados y gravas de cordones holocenos:

Estos depósitos constituyen el cuerpo principal de la isla Jabalí. Se disponen en forma de cordones alargados, constituidos por clastos redondeados, similares a los descriptos en la unidad anterior. El espesor oscila entre 8 y 10 metros. Trebino (1987) en base a dataciones ^{14}C mismo en

conchillas de bivalvos les asigno edad holocena (5370 ± 110 ; 4100 ± 95 años AP). Su posición altimétrica respecto de la unidad anterior da cuenta de esto también.

Son conocidos también como la formación San Antonio definida por Angulo et al. (1978), para designar a los depósitos de cordones costaneros arenosos con participación variable de conchillas, localizados topográficamente más altos que el nivel actual del canal de mareas de San Antonio Oeste. ido a la abundante presencia de pelecípodos actuales y a su posición geológica y características geomorfológicas, que la hacen asimilable a los depósitos de conchilla de la provincia de Buenos Aires, particularmente a los de la Formación Las Escobas, que representaría el nivel del mar más alto posterior a la última glaciación, Porro y Fidalgo (1981) le asignaron al Holoceno, criterio compartido en este trabajo (Martínez, H., Nañez, C., Lizuain, A., Dal Molin, c., Turel, A., 2001).

Depósitos de salinas y salitrales:

Se encuentran hacia el continente, fuera del área de estudio. Ocupan el fondo de las depresiones cerradas de piso llano (salitrales del Barrancoso, Grande, La Salinita y Salina del Inglés). Es en los sectores más bajos donde se localiza la mayor concentración de sales, entre las que predomina el cloruro de sodio, y en menor grado yeso y sulfatos alcalinos, económicamente explotables en la Salina del Inglés (Trebino 1987).

Arenas de playa:

Trebino (1987) las localiza al Sur de Baliza de La Ballena, son playas de arena fina a media, moderadamente seleccionadas, de color amarillo claro a castaño oscuro cuando aumenta el contenido de opacos.

Arenas de médanos modernos:

La diferencia textural, mineralógica y granulométrica con los anteriores descriptos radica en la competencia entre el agente áqueo (olas y corrientes) y el eólico, que es menos competente y más selectivo (Trebino 1987).

Esta unidad recibe también la denominación de Formación Punta Villarino (Angulo et. al (1978).

Depósitos de canales y planicies de marea:

Son los depósitos en formación en los actuales canales de marea (arroyo Jabalí, Walker, y del Guanaco) y sus respectivas planicies de marea. Según Trebino (1987) están constituidos por sedimentos finos, limo arcillosos, de color castaño grisáceo, que al ser expuestos en bajamar se transforman en fangales y/o cangrejales.

3.3 – Marco tectónico

El área de estudio se encuentra al sur de la Llanura Cahacobonarense (Groeber 1938), específicamente sobre el borde sudeste de la Cuenca del Colorado (Figura 3.2).

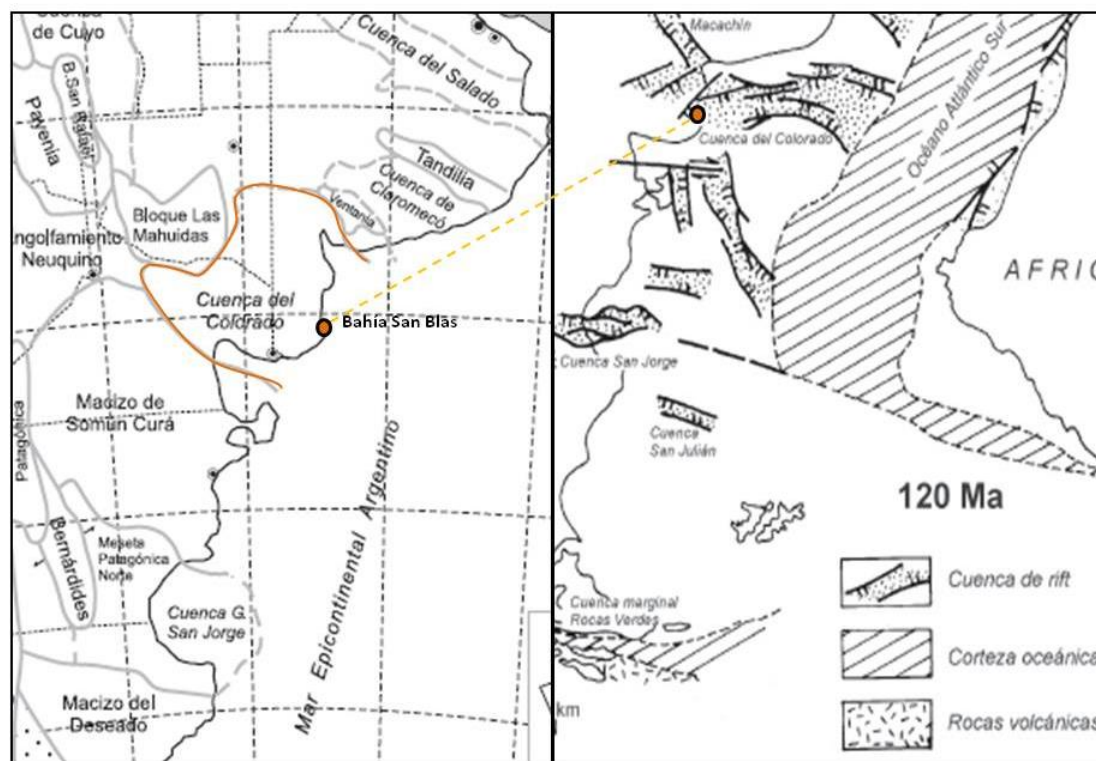


Figura 3.2: Ubicación de la Cuenca del Colorado y marco extensional Cretácico (Modificado de Geología Argentina, 1999 p. 42 y 736).

La misma se desarrolla entre el sistema de Ventania y el Macizo de Somún Curá. Corresponde a una cuenca aulacogénica, es decir, con desarrollo perpendicular al margen continental. Su origen se vincula principalmente a facies de rift con fallamiento extensional de rumbo oeste- noroeste, desarrolladas sobre antiguas zonas de debilidad (fracturas del basamento o antiguas líneas de sutura Precámbricas – Paleozoicas), reactivadas durante la apertura del Océano Atlántico Sur a partir del Jurásico tardío (Yrigoyen, 1975; Stoakes et al. 1991).

3.4 - Hidrogeología

La República Argentina contiene en su territorio regiones que poseen diferentes características climáticas, geológicas e hidrológicas, de desigual desarrollo económico y de alto desequilibrio demográfico. En el país existen distintas unidades acuíferas, algunas de ellas de gran extensión regional, siendo identificables como unidades hidrogeológicas que se encuentran explotadas en mayor o menor medida (Figura 3.3).

Los factores que ejercen mayor influencia primaria en el comportamiento hidrológico subterráneo son: el geológico, el geomorfológico, el climático y el biológico. Por ello, el carácter distintivo es consecuencia de la señal impresa por algunos de los factores mencionados.

Las mismas se han agrupado tomando como base el Mapa Hidrogeológico Argentino escala 1:2500000 (INCyTH, 1991), Mapa Hidrogeológico de la República Argentina escala 1:1000000 (INCyTH, 1984) y las subregiones hidrogeológicas (Figura 3.4) definidas por Santa Cruz y Silva Busso, (1999). Se incluye una síntesis de regiones hidrogeológicas argentinas a fin de brindar un panorama generalizado de las características de las mismas.

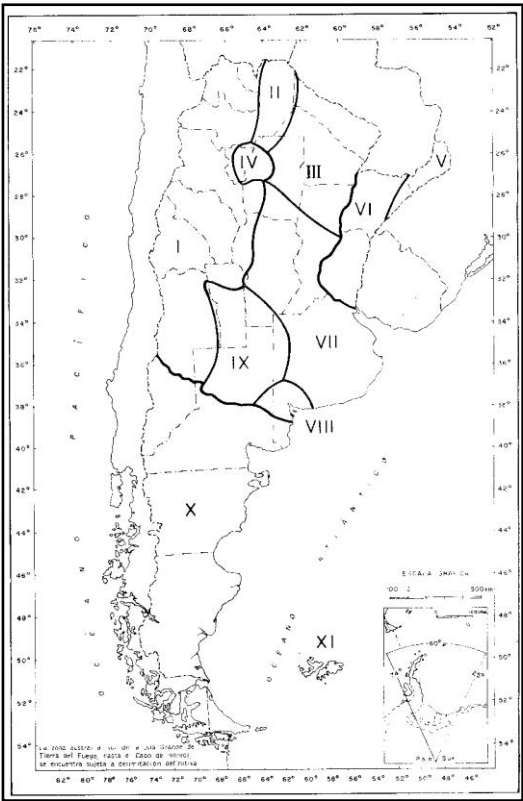


Figura 3.3: Mapa de las Regiones Hidrogeológicas Argentinas (INCyTH, 1984)

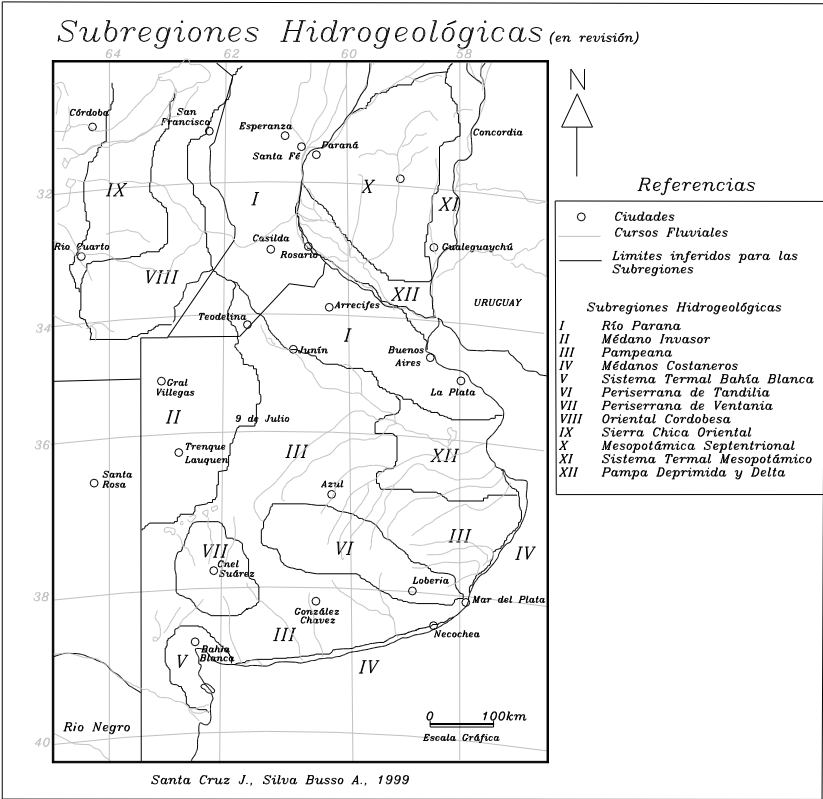


Figura 3.4: Subregiones Hidrogeológicas Argentinas (Santa Cruz y Silva Busso, 1999)

Sería innecesario explayar aquí en detalle los conceptos a partir de los cuales se han definido las regiones en conjunto, por lo tanto se ha puesto énfasis en la región y subregión del área de estudio en particular. Un criterio importante es que los límites de estas regiones no son fijos, sino que son refutables a lo largo del tiempo en función de información novedosa dado que lo que las define es el arreglo hidroestratigráfico (Santa Cruz y Silva Busso, 1999).

I- Región de los Valles Intermontanos

- Subregión Puna
- Subregión Cordillera Oriental y Sierras Subandinas
- Subregión Sierras Pampeanas
- Subregión Precordillera Norte
- Subregión Precordillera Sur

II- Región del Chaco Semiárido

III - Región Chaqueña Centro Oriental

IV - Región Tucumano- Santiagueña

V - Región de la Alta Mesopotámica

VI - Región de la Baja Mesopotámica

Se puede considerar dividida en dos subregiones que han sido redefinidas por Santa Cruz y Silva Busso, (1999) a partir de la subdivisión realizada por el INCyTH, (1984).

- Subregión Mesopotámica Septentrional
- Subregión Sistema Termal Mesopotámico
-

VII- Región de la Llanura Pampeana

Se puede considerar dividida en varias subregiones que han sido redefinidas por Santa Cruz y Silva Busso, (1999) a partir de la subdivisión realizada por el INCyTH, (1984).

- Subregión Río Paraná
- Subregión Médano Invasor (incluida como Subregión)
- Subregión Pampeana
- Subregión Médanos Costeros

- Subregión Sistema Termal Bahía Blanca (incluida como Subregión)
- Subregión Periserrana de Tandilia
- Subregión Periserrana de Ventania
- Subregión Oriental Cordobesa
- Subregión Sierra Chica Oriental
- Subregión Pampeana Deprimida

VIII - Región de Bahía Blanca (redefinida Subregión Hidrogeológica Sistema Termal Bahía Blanca de la región VII Llanura Pampeana Santa Cruz y Silva Busso, 1999).

IX Región Central Pampeana (redefinida Subregión Hidrogeológica Médano Invasor de la región VII Llanura Pampeana Santa Cruz y Silva Busso, 1999).

X Región Patagónica

XI Región Antártica e Islas Australes

El área de estudio se encontraría en la Región Hidrogeológica X o Región Patagónica

Tomando en consideración las características y comportamientos distintivos de las aguas subterráneas, controlados por los factores mencionados previamente, Auge, M. (2004) propuso la subdivisión del territorio en 18 regiones hidrogeológicas (Figura 3.5).

El área de estudio se encuentra comprendida dentro de la región hidrogeológica denominada Patagonia extra-andina (Zona 13 en la figura 3.6). Al E del ámbito cordillerano, coincidentemente con las últimas estribaciones serranas o a partir del ensamble con el piedemonte adyacente, se desarrolla la región patagónica extra-andina, que llega hasta la costa del Océano Atlántico.

Los denominados Rodados Patagónicos, cuyo origen y edad fue discutido anteriormente poseen gran importancia hidrogeológica, pues pese a que generalmente están cementados por carbonato de calcio, conforman una unidad favorable para la infiltración del agua de lluvia o de la proveniente de la fusión de la nieve.

La característica climática de la Patagonia extra-andina es la escasa precipitación y la alta evapotranspiración, favorecida por los secos e intensos vientos que la cruzan de O a E, luego de perder su humedad en la Cordillera Patagónica. La evapotranspiración potencial varía entre 500 mm/a en el sector sur (Tierra del Fuego) y 800 mm/a en el extremo norte (Río Colorado) y la

precipitación, en la mayor parte del área, es inferior a 200 mm/a ubicándose entre 200 y 500 mm/a en el sector N y más de 500 mm/a en el extremo S.

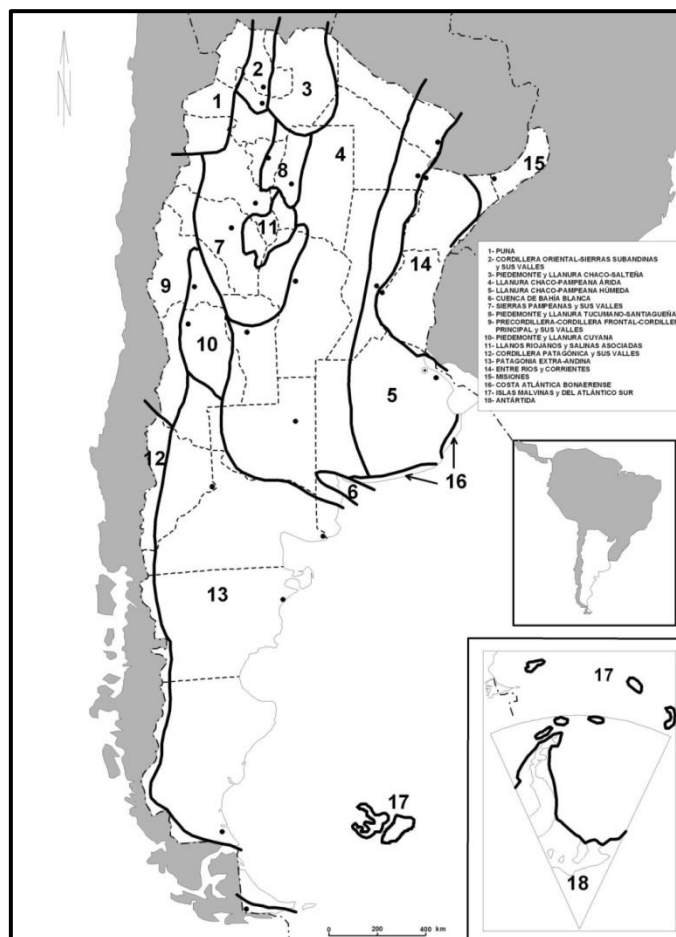


Figura 3.5: Regiones hidrogeológicas de la Argentina (Auge, M. 2004)

A su vez Auge, M. (2004) genera una división más específica dentro del ámbito Bonaerense a las que denomina como Regiones Hidrogeológicas de la Provincia de Buenos Aires (Figura 3.6).

Puso énfasis en la identificación y descripción de las unidades geológicas de superficie y de subsuelo y en la incidencia que estas ejercen sobre el comportamiento hidrogeológico, especialmente en los aspectos hidráulicos, hidrodinámicos e hidroquímicos y en el uso del agua subterránea.

La zona de estudio se enmarca dentro de la Región denominada como Norpatagónica (NP) (Auge, M. 2004). Es el ambiente que, se ubica al Sur de la depresión Chasicó - Bahía Blanca, originada por un fuerte tectonismo que afectó hasta las unidades del Terciario Superior. Se

caracteriza por la presencia del clásico relieve mesetiforme de la Patagonia, que se manifiesta al Sur del Río Colorado por: la existencia de depresiones cerradas ocupadas por lagunas, salinas y salitrales (Chasicó, El Salitral, Salitral de la Vidriera, Salitral de la Gotera, Salitral Grande, Salitral del Algarrobo, Salina de Piedra, Salina del Inglés); los relieves elaborados por los ríos Colorado y Negro; la presencia de cadenas medanosas O-E y por la existencia de fuertes barrancas en la costa atlántica. Al N limita con el Ambiente Interserrano y Pedemontano, al O con las provincias de La Pampa y Río Negro, al S con esta última y al E con la costa atlántica. En lo referente al clima, la lluvia es escasa, disminuyendo de N a S desde 545 mm/año en Chasicó, a 340 mm/a en Carmen de Patagones, mientras que la temperatura media anual también desciende hacia el Sur (15 °C en Bahía Blanca, 14 °C en Carmen de Patagones). La relación entre precipitación (P) y evapotranspiración potencial (EVP) según Thornthwaite (1948), indica déficit en el balance hídrico edáfico, considerando un paso anual. Así para valores medios, la EVPT ronda los 770 mm/a en Bahía Blanca frente a una P de 538 mm/a, mientras que en Carmen de Patagones la relación es: $EVPT = 756 \text{ mm/a}$ $P = 340 \text{ mm/a}$ bajo estas condiciones el clima es árido a semiárido, con escasas posibilidades para la recarga.



Figura 3.6: Regiones Hidrogeológicas de la Provincia de Buenos Aires (Auge, M. 2004)

Las unidades presentes poseen características hidrogeológicas muy diferentes entre sí. Arenas finas que componen los médanos fijos, semifijos y desnudos (Médano Invasor), conforman un medio geológico favorable para la infiltración y la recarga subterránea, dando lugar a la formación de lentes de agua dulce de escaso volumen, que son aprovechadas por los pobladores rurales y el ganado. Arenas medianas, gravas y limos, que constituyen las terrazas aluviales del Río Colorado. En este ambiente el agua subterránea es de baja salinidad y el acuífero libre posee buena productividad; sin embargo es poco utilizado pues el abasto para riego se realiza con agua superficial. En la costa también se presentan sedimentos pelíticos pero de origen marino (Ingresión Querandina), especialmente en la Bahía San Blas. El agua subterránea asociada con los depósitos pelíticos y salinos posee elevadas salinidad.

El Pampeano está restringido al extremo N de la región y por ende posee poca significación hidrogeológica.

Arenas Ríonegenses, ocupan el subsuelo de gran parte del ambiente considerado, al S del bajo del Chasicó, subyaciendo a los Rodados Patagónicos y a los médanos. Cuando están cubiertas por médanos, que actúan como vías de recarga preferencial, pueden almacenar agua de baja salinidad (menor de 1 g/l). De cualquier manera, los rendimientos son bajos y por ende no aptos para el riego (Auge 2004).

Por debajo de la Formación Río Negro o Arenas Ríonegenses, se dispone una secuencia continental (Formación Chasicó) y otra marina (Formación Barranca Final), correlacionable con la Formación Paraná del resto de la provincia, integrada por arcillas con intercalaciones de arenas y abundante yeso y anhidrita. Los acuíferos contenidos en ambas formaciones son de tipo semiconfinado y con elevados tenores salinos, lo que limita severamente su utilización. La Formación Ombucta del Terciario inferior a medio, es portadora de un acuífero termal con fuerte surgencia, baja salinidad y elevados caudales en la Cuenca de Bahía Blanca. Con profundidades entre 500 y 800 m y caudales en surgencia entre 100 y 600 m³/h. El acuífero mencionado, denominado “Sistema Hidrotermal Profundo de Bahía Blanca” (Bonorino, 1988), se corresponde con la Cuenca Hidrogeológica de Bahía Blanca, la que se superpone con el Ambiente Norpatagónico en su sector Norte.

4 –Aspectos geológicos de la Isla Jabalí

Se realizó un relevamiento de las distintas unidades de la isla con el fin de caracterizarlas, según fue posible, textural y mineralógicamente. Se levantaron también dos perfiles tipo para el área de estudio.

4.1 – Ubicación de las muestras

La figura 4.1 muestra la ubicación de los perfiles y de las muestras utilizadas para caracterizar las unidades geológicas de interés.

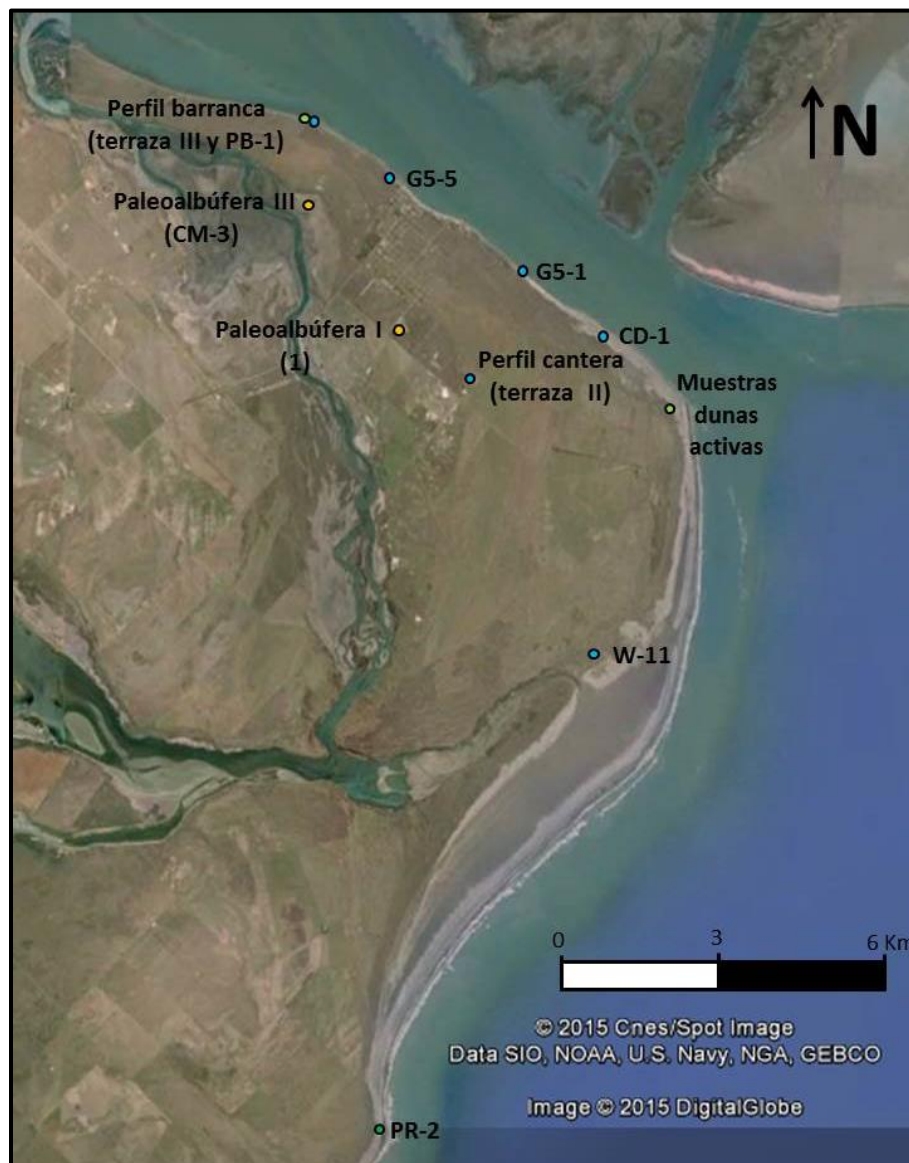


Figura 4.1: Ubicación de las muestras de las unidades de interés

4.2 – Formación Baliza San Matías (Angulo et. Al 1978) - Pleistoceno

Al sur de la Isla aflora en la zona de Punta Rubia afloran, generando una plataforma de abrasión marina, depósitos transgresivo-regresivos pleistocenos (Figura 4.2).



Figura 4.2: Afloramiento depósitos transgresivo-regresivos pleistocenos

Se tomó una muestra del banco conglomerádico con bioclastos (PR-2) (Figura 4.1) y se realizó el respectivo corte petrográfico (Figura 4.3).

Se distinguen partículas carbonáticas (45%), partículas terrígenas (20%), cemento (15%) y fango carbonático (10%).

Las partículas carbonáticas corresponden en su totalidad a bioclastos, principalmente a fragmentos de bivalvos y gastrópodos.

Dentro de los materiales terrígenos se distingue Cuarzo (50%), inequigranular, subredondeado y extinción flash a ondulosa, fragmentos líticos volcánicos y sedimentarios (20%) feldespato potásico (10%), plagioclasa (10%), piroxenos (8%) de hábito tabular y bordes subredondeados, alta birrefringencia y muy leve pleocroismo de castaño a castaño oscuro y minerales pesados (2%). Dentro del material ligante (25%), se distingue cemento esparítico (15%) y micrita (10%).

Texturalmente la muestra presenta fábrica grano sostén por sectores a flotante. El tamaño de grano promedio es de arena muy gruesa aunque los bioclastos pueden alcanzar tamaños importantes. El grado de fragmentación de las partículas varía. Los gastrópodos en general presentan mayor conservación mientras que los bivalvos se hallan desde pequeños fragmentos a valvas completas.

La muestra se clasifica texturalmente según Dunham (1962) como un Packstone. Según Folk (1959) corresponde a una Bioesparita.

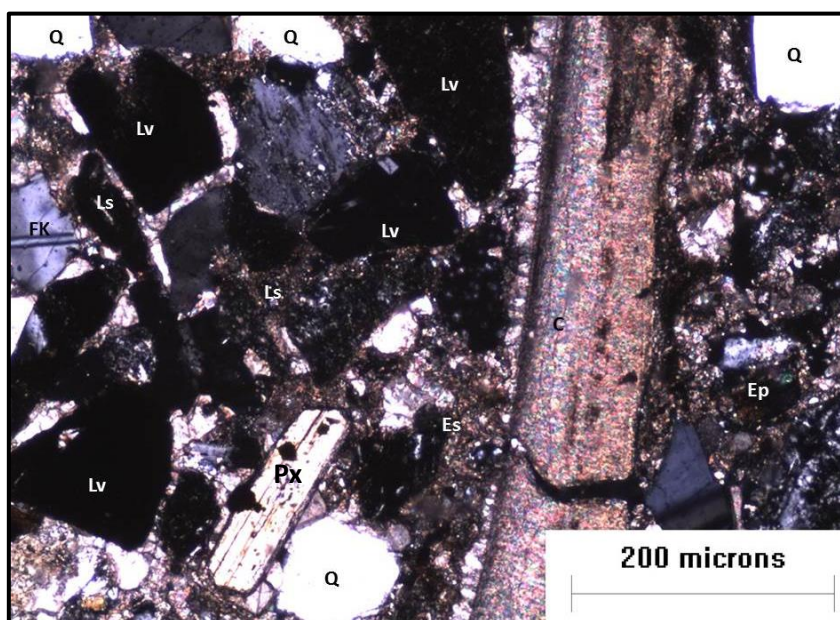


Figura 4.3: Corte delgado correspondiente a la muestra PR -2 donde se observa Cuarzo (Q), Líticos volcánicos y sedimentarios (Lv y Ls), Feldespato potásico (FK), Bioclastos (C), Esparita (Es), Piroxeno (Px) y Epidoto (Ep).

4.3 – Formación San Antonio (Angulo et. Al 1978) - Holoceno

Corresponde a los distintos niveles de terrazas de acumulación marina. El primero de ellos, expuesto en la cantera de Bahía San Blas (Figura 4.4), está compuesto por depósitos areno gravosos de los cordones litorales que componen la terraza II (Trebino, 1987) con una cota de 7 m.s.n.m.

El segundo queda expuesto en el acantilado activo, donde los depósitos pertenecen a antiguos sedimentos marinos de gravas y arenas. Se observan conchillas de bivalvos y

gastropodos, correspondientes a los cordones litorales de la terraza de acumulación marina III (Trebino, 1987) con una cota de 5 m.s.n.m.

También se tomaron muestras de los cordones litorales más recientes de la isla, que forman parte de la terraza de acumulación marina V (Trebino, 1987) con una cota de 1 m.s.n.m. La ubicación de las muestras puede observarse en la figura 4.1.



Figura 4.4: Vista del perfil de la cantera

Análisis textural del perfil de la cantera

Unidad 1:

Representa la base del perfil (figura 4.5). Corresponde a 1 m de arena con laminación horizontal con pequeñas gravas diseminadas y pocos bioclastos (gastropodos) en posición de vida. La muestra **PC-1** presenta su media en 2,63 phi (**arena fina**), intervalo modal en 3 phi y muy buena selección. A su vez la distribución es mesocúrtica y casi simétrica. Está integrada por un 99,05 % de arena y 0,05% de limo/arcilla.

Unidad 2:

Suprayace el depósito anterior en concordancia y presenta un espesor de 0,45 m de arena con intercalaciones de grava, laminación horizontal que por secciones se torna en un muy leve entrecruzamiento de muy bajo ángulo. La muestra de aquí extraída (**PC-2**) tiene su media en 1,21 phi (**arena mediana**), una distribución bimodal, en -4 y 3phi, y pobre selección. Es

extremadamente leptocúrtica con asimetría muy negativa. Se encuentra integrada por un 11,53% de grava, 88,35% de arena y 0,12% de limo/arcilla.

Unidad 3:

Aparece concordante sobre el nivel anterior. Presenta un espesor de 0,20 m de arena masiva con abundancia de rizolitos y algunos caracoles en posición de vida. La muestra **PC-3** arrojó un valor medio en 2,84 phi (**arena fina**), moda en 3 phi (arena fina) y buena selección. Leptocúrtica con asimetría positiva. Está compuesta un 0,28% de grava, 98,02 % de arena y 1,7% de limo/arcilla.

Unidad 4:

Posee 0,60 m de intercalaciones de grava y arena masiva en concordancia con el depósito suprayacente. Las gravas presentan imbricación y se observa la presencia de bioclastos. De aquí se obtuvieron 2 muestras: **PC-41 y PC-42**. La primera representa las secciones donde domina la arena, con una media en 2,696 phi (**arena fina**), moda en 3 phi y muy buena selección. Leptocúrtica casi simétrica. Está integrada por un 99,64% de arena y 0,46% de fango. La segunda intenta mostrar las intercalaciones areno/gravosas. La media se encuentra en -0,88 phi (**arena muy gruesa**), es bimodal en -3 y 3 phi con una muy pobre selección. La distribución es muy platicúrtica y de asimetría muy negativa. Se compone de un 42,13% de grava. Está integrada por un 99,64% de arena y 0,46% de fango y 57,73% de arena y 0,13% de limo/arcilla.

Unidad 5:

En transición con el depósito anterior se observa un banco de 0,10 m, arenoso con gravas hacia su techo. La muestra **PC-5** presenta media en 1,55 phi (**arena mediana**), modas en -4 y 3 phi y pobre selección. Extremadamente leptocúrtica y de asimetría muy negativa. Se integra por un 11,3% de grava, 83,2% de arena y 5,5% de limo/arcilla.

Unidad 6:

En contacto neto sobre el depósito subyacente se observa un banco de 0,05 m a 0,30 m de espesor, areno/arcilloso de color castaño claro y muy coherente; no se realizó análisis granulométrico del mismo.

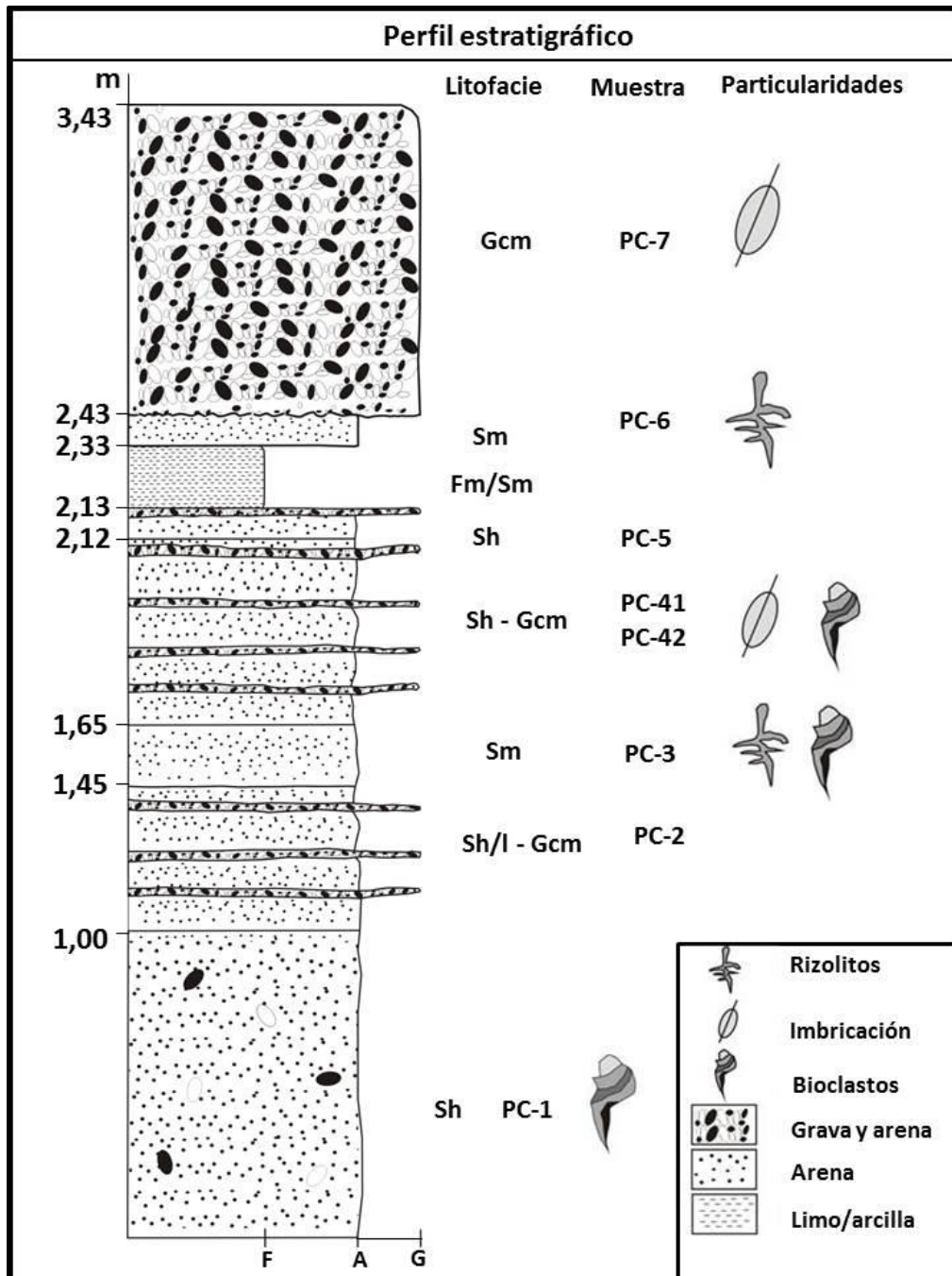


Figura 4.5: Perfil estratigráfico de una terraza de acumulación marina correspondiente a la terraza II (Trebino 1987).

Unidad 7:

En contacto neto sobre el banco arcilloso. Presenta un espesor de 0,10 m de arena masiva con pequeños rizolitos. La muestra **PC-6** tiene su valor medio en 1,84 phi (**arena media**), es bimodal en -4 y 3 phi y muestra moderada selección. Su distribución aparece extremadamente

leptocúrtica y con asimetría muy negativa. Se compone de un 5,21% de grava, 93,98% arena y 0,81% de limo/arcilla.

Unidad 8:

Corresponde al tope del perfil. En contacto erosivo sobre el depósito subyacente. Corresponde a un banco de 1 m de espesor, de grava con arena, polimíctico y clasto sostén. Se observa también imbricación de las gravas. La muestra **PC-7** tiene una media de -1,72 phi (**sábulo**), es bimodal en -3 y 3 phi y tiene una pobre selección. Leptocurtica de asimetría muy positiva. Está integrada por un 78% de grava, 21,3% de arena y 0,70% de limo/arcilla.

Análisis mineralógico del perfil de la cantera

Cortes de material sin consolidar

Para caracterizar la composición de los sedimentos que integran los distintos niveles observados en el perfil de la cantera se recolectaron las muestras ubicadas en la figura 4.6.

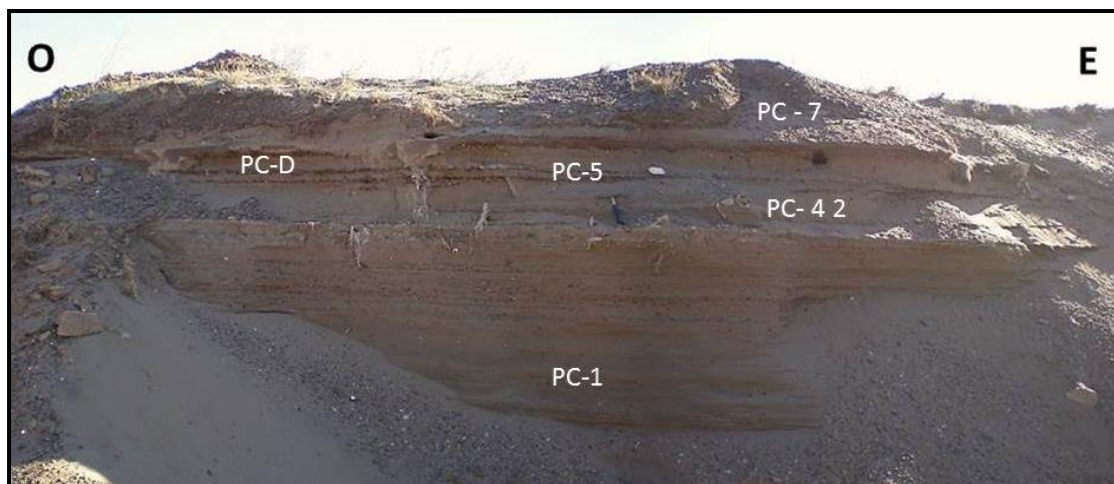


Figura 4.6: Ubicación de las muestras dentro del perfil de la cantera

Los componentes más abundantes presentes en las muestras fueron fragmentos líticos, feldespatos y cuarzo. En muchos casos la presencia de minerales pesados fue muy considerable, alcanzando valores del 40% en determinados ambientes.

Componentes livianos

Fragmentos Líticos:

Representan entre el 60% y 40% de los componentes en las muestras. Los granos se encuentran subredondeados, y la mayoría son equigranulares. Proviene, en orden de importancia, de rocas volcánicas, metamórficas y sedimentarias.

Los líticos volcánicos representan en general entre el 15% y 30% de la muestra, presentan textura generalmente porfírica, donde los fenocristales corresponden a plagioclasa. Las texturas de las pastas son intersertal, en muchos casos con el vidrio alterado a arcillas, pilotáxica afieltrada y pilotáxica fluidal. En algunos casos se observó la presencia (escasa) de texturas esferulíticas, rasgo frecuente en rocas de composición básica a intermedia.

Los líticos metamórficos representan entre el 5% y el 1% de los granos que componen la muestra. No se identifican texturas características.

Los líticos sedimentarios, que representan entre el 20% y 10% de los clastos, representan fragmentos de areniscas, redondeados, generalmente muy alterados haciendo muy difícil el reconocimiento de sus componentes.

Plagioclasa:

Representan entre el 10% y el 5% de las muestras. Son individuos redondeados a subredondeados, de hábito tabular. Son incoloros, con relieve bajo, y birrefringencia débil. En algunos individuos se observa macla tipo albita. Sus variedades corresponden a andesina-labradorita.

Bioclastos:

Representan entre el 2% y 1% de los clastos, incoloros a castaño claro, corresponden en su mayoría a pequeños fragmentos de conchillas aunque se observan algunos individuos aislados completos (figura 4.7).

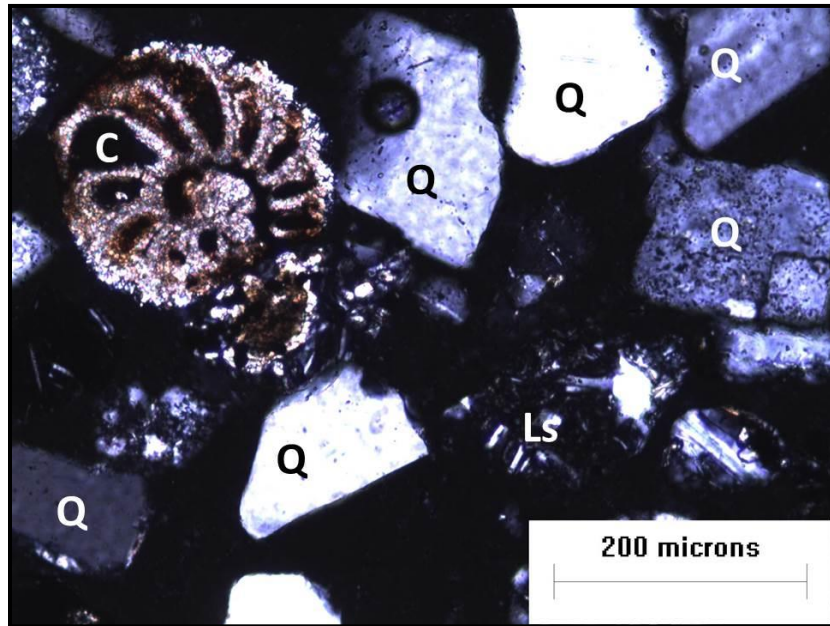


Figura 4.7: Corte petrográfico correspondiente a la muestra PC1 (Cordón litoral arenoso). Se observan clastos de cuarzo (Q), líticos sedimentarios (Ls) y bioclastos (C).

Feldespato potásico:

Es poco abundante, representando entre el 8% y 3% de los individuos de las muestras (Figura 4.8).

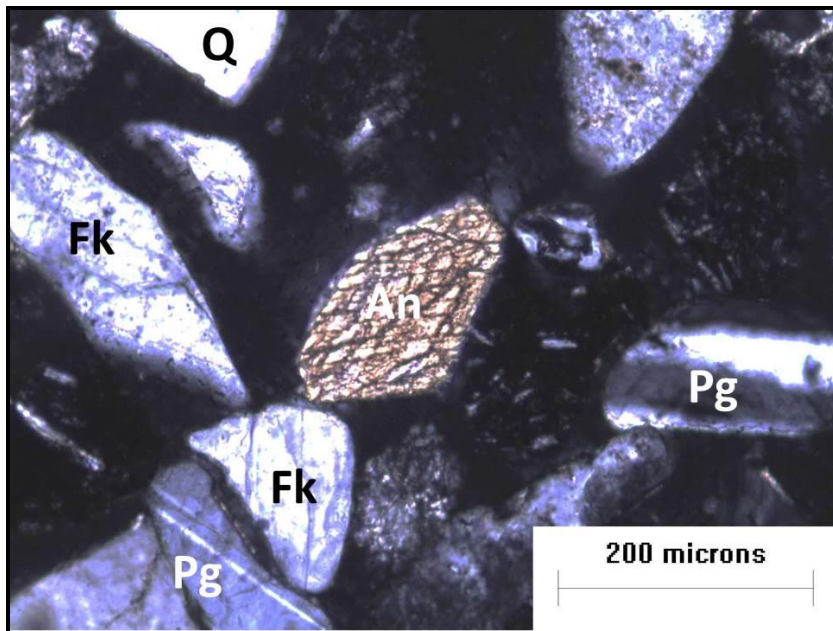


Figura 4.8: Corte petrográfico correspondiente a la muestra PC-4-2 (cordón litoral arenoso). Se observan clastos de Cuarzo (Q), Anfíbol (An), Feldespato potásico (Fk) y Plagioclase (Pg).

Está representado por ortosa, y algunos escasos cristales de microclino. Los granos se encuentran redondeados, son incoloros, con relieve negativo. En algunos casos, en la ortosa, se observa alteración a arcillas (Sericita)

Cuarzo:

Se presenta monocristalino y policristalino. Del primero, su participación en algunas de las muestras es escasa (6%), mientras que en otras es más abundante (20%). Los individuos se encuentran subredondeados a subangulosos. Los clastos son incoloros, con bajo relieve y débil birrefringencia. Presenta extinción relámpago, paralela y ondulosa. En algunos clastos se observan inclusiones, otros están parcialmente cubiertos por óxidos (figura 4.7). Con respecto al cuarzo policristalino, representa el 4 y 7% de la muestra. Es posible distinguir clastos de cuarcita, con textura granoblástica, donde los individuos de cuarzo que los componen presentan extinción relámpago y ondulosa, son xenomórficos.

Componentes pesados

Piroxenos:

Conforman entre el 15% y el 2% de los individuos presentes en las muestras (Figura 4.9).

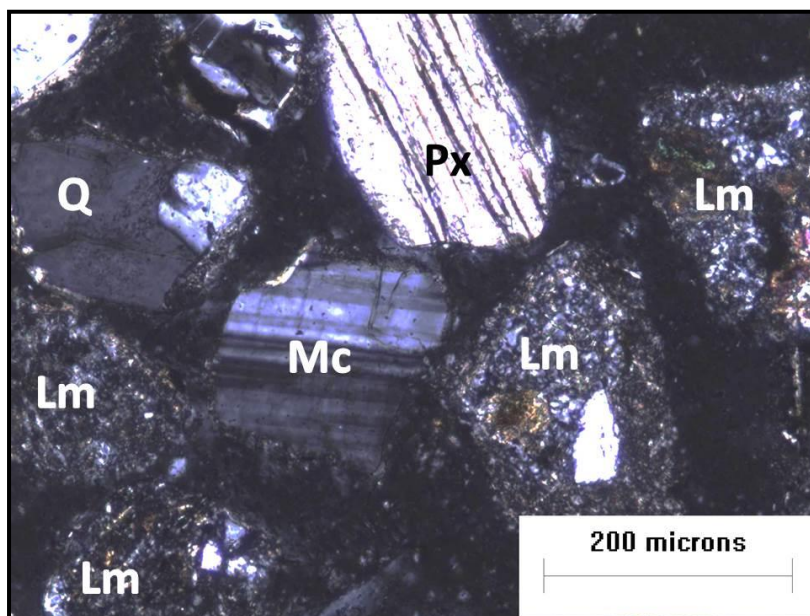


Figura 4.9: Corte petrográfico correspondiente a la muestra PC-5 (cordón litoral arenoso). Se observan clastos de Cuarzo (Q), líticos metamórficos (Lv), Piroxeno (Px) y Microclino (Mc).

Se identifican clinopiroxenos y ortopiroxenos. Entre los primeros predomina la augita, y en menor proporción se encuentra augita titanífera. Los segundos corresponden a hipersteno. Los clastos de augita son redondeados a subredondeados, con forma, habitualmente, ovoidal. Se presentan incoloros o levemente verdosos, con relieve alto y birrefringencia moderada a alta. La augita titanífera presenta granos redondeados, con pleocroismo de incoloro a rosa pálido. Presenta alto relieve y alta birrefringencia.

Los individuos de hipersteno tienen forma tabular, en su mayoría redondeados. Poseen pleocroismo castaño claro o verde pálido, y extinción paralela. En muchos casos presentan inclusiones de opacos.

Anfíboles:

Se encuentran entre el 8% y 0,5% en las muestras. Mucho menos abundantes que los piroxenos. Entre estos domina la hornblenda y en menor proporción la lamprobolita. La primera presenta granos redondeados en colores verdes y castaños con pleocroismo. De la segunda se observan muy pocos individuos, alargados y redondeados. Presentan un fuerte pleocroismo en colores pardos y castaño rojizo (Figura 4.8).

Epidoto:

En algunas muestras es abundante, llegando al 4%. En otras es escaso a nulo. Donde se presenta los individuos se encuentran subredondeados a redondeados, con muy alto relieve, de color neutro a verde pálido, algo pleocroico. Presenta alta birrefringencia y extinción paralela.

Circón:

Integra entre el 0,5 al 5% de la fracción clástica. Los cristales tienen forma alargada a ovoide, redondeados a subredondeados. Se encuentran algunos individuos incoloros, y rosado claro en menor proporción. Su relieve es muy alto, así como también su birrefringencia. Presentan extinción paralela. En algunos casos presentan inclusiones.

Granates:

En algunas muestras su porcentaje llega al 7%, pero en la mayoría es muy escasa (0,1%). Los granos se presentan redondeados a subredondeados, equidimensionales a prolados. Son, por lo general, incoloros y rosa pálido.

Opacos:

Son abundantes en algunas muestras, llegando a alcanzar el 10%. En otras su presencia es escasa (5%). Los clastos son redondeados.

Clasificación microscópica

Se presenta la composición mineralógica porcentual de las muestras obtenidas (tabla 5.2) y empleando la clasificación de Folk *et al.* (1970) corresponden a litoarenitas (figura 4.10).

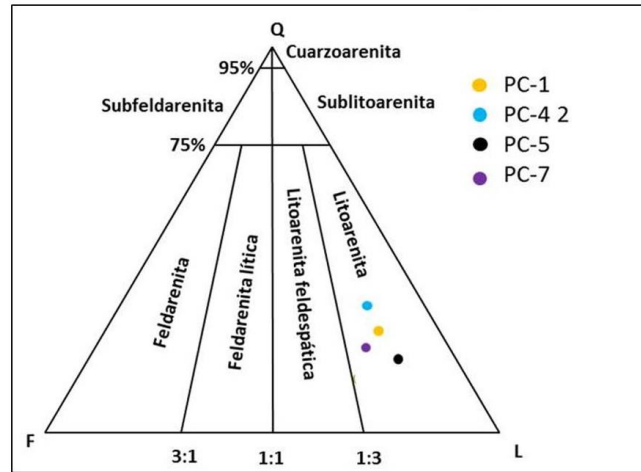


Figura 4.10: Clasificación de las muestras obtenidas, utilizando el diagrama de Folk *et al.* (1970).
Q= cuarzo monocristalino; F= feldespatos; L= líticos+cuarzo policristalino.

	Muestra	PC-1	PC-4 2	PC-5	PC-7
Cuarzo (%)	Monocristalino	20	25	16	20
	Policristalino	5	3	5	8
Feldespato (%)	Plagioclasa	5	8	5	10
	Feldespato K	5	2	5	5
Líticos (%)	Volcánicos	18	20	25	22
	Sedimentarios	12	15	20	15
	Metamórficos	10	7	5	5
Minerales pesados (%)	Piroxenos	12	7	6	4
	Anfíboles	2	2	1	1
	Circón	1	1	1	1
	Epidota	2	3	2	2
	Granate	1	1	1	1
	Opacos	2	2	3	2
Bioclastos (%)		5	4	5	4
Total (%)		100	100	100	100

Tabla 4.1: Composición mineralógicas porcentual de las muestras obtenidas.

Análisis textural del perfil de la barranca

Se analizaron tres muestras, correspondientes a distintos niveles reconocidos dentro del perfil estratigráfico aflorante de un acantilado activo (Blanco 2012). El mismo puede observarse en la figura 4.11.

Unidad 1:

Representa la base del perfil del acantilado (figura 4.12). La muestra (PB-4) presenta media en -0,91 phi (arena muy gruesa), la distribución es bimodal, platicúrtica con asimetría positiva. Las modas se encuentran en los intervalos entre -4 y -3 phi, y 3 phi. Presenta muy pobre selección. Está integrada por un 50,05% de grava, 49,66% de arena y 0,29% de limo/arcilla.

Unidad 2:

Suprayace al depósito anterior en concordancia, y presenta un espesor de 30 cm. Aquí se observa imbricación de las gravas hacia el NO. La muestra obtenida (PB-3) presenta distribución bimodal, extremadamente leptocúrtica con asimetría muy positiva. La media se encuentra en -1,73 phi, y las modas en los intervalos -4 y 3 phi. Se clasifica como sábulo y se encuentra muy pobremente seleccionada, integrada por un 83,27% de grava, 14,41% de arena y 2,31% de limo/arcilla.

Unidad 3:

Se halla en concordancia con el depósito anterior, y presenta las mismas características que la unidad 1, con un espesor aproximado de 90 cm.

Unidad 4:

Este depósito, de 16 cm de espesor (aproximadamente), suprayace en concordancia al anterior. Los clastos de grava están imbricados hacia el NO. La muestra extraída (PB-2) presenta distribución bimodal, extremadamente leptocúrtica con asimetría muy positiva. Presenta la media en -2,33 phi (grava fina) y las modas en los intervalos -3 y 3 phi. Presenta pobre selección. Esta muestra presenta un 84,06% de grava, 15,66% de arena y 0,27% de limo/arcilla.

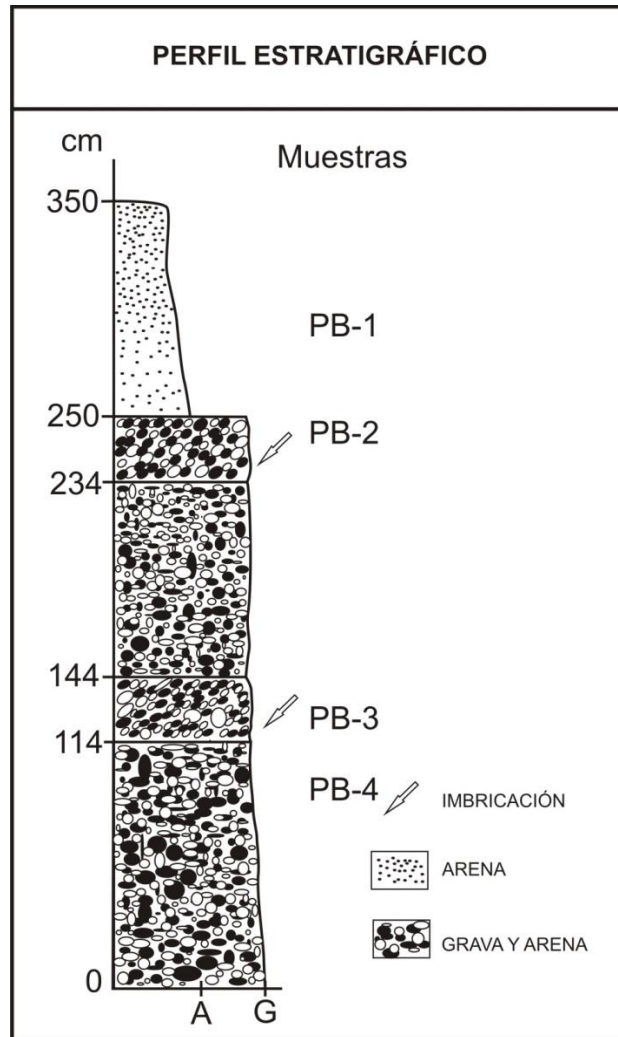


Figura 4.11: Perfil estratigráfico de un acantilado activo (Tomado de Blanco 2012)



Figura 4.12: Vista del perfil de la barranca (terrazza III)

Análisis textural de cordones litorales recientes (Blanco 2012) – Terraza V (Trebino 1987)

Se recogieron cuatro muestras representativas de los cordones litorales que integran la terraza V de acumulación marina. Dos (**G1-1 y G5-1**) representan cordones aflorantes que forman parte de los perfiles de playas gravosas actuales. Las otras (**W-11 y CD-1**) son ejemplos de depósitos de acumulación que subyacen mantos de arena actuales.

La muestra **G1-1** tiene su valor medio en -1,84 phi (**sábulo**), es bimodal en -4 y 3 phi y se encuentra muy pobremente seleccionada. Presenta asimetría muy positiva y es muy platicúrtica. Se compone de un 66,99% de grava, 32,56% de arena y un 0,45% de limo/arcilla.

La muestra **G-51** presenta distribución unimodal en -4 phi, con media en -4,7 phi (**grava gruesa**), buena selección, asimetría casi simétrica y distribución mesocúrtica. La misma está compuesta por un 100% de grava.

La muestra **W-11** tiene su media en -0,97 phi por lo que se clasifica como **arena muy gruesa**. Es bimodal en -4 y 3 phi y se encuentra muy pobremente seleccionada. Su distribución aparece con asimetría positiva y muy platicúrtica. La misma está compuesta por un 51,31% de grava, 48,67% de arena y un 0,02% de limo/arcilla.

La muestra **CD-1** tiene su valor medio en 0,26 phi (**arena gruesa**), es bimodal en -4 y 3 phi y su selección es muy pobre. Presenta asimetría muy negativa y distribución extremadamente leptocúrtica. Está compuesta por un 22,88% de grava, 76,75% de arena y un 0,37% de limo/arcilla.

La ubicación de las muestras puede verse en la figura 4.1.

4.3.2 – Depósitos paleoalbuféricos

Perfil de la cantera San Blas

Dentro del perfil levantado en la Cantera San Blas (Figura 4.6), queda expuesto entre depósitos gravo arenosos con bioclastos, correspondientes a cordones litorales, un banco fango arenoso interpretado como depósito paleoalbuférico. Su significativo contenido en limo/arcilla le confiere un grado de consolidación bastante alto, por lo que resultó más viable su estudio por lámina delgada (Figura 4.13) que por grano suelto.

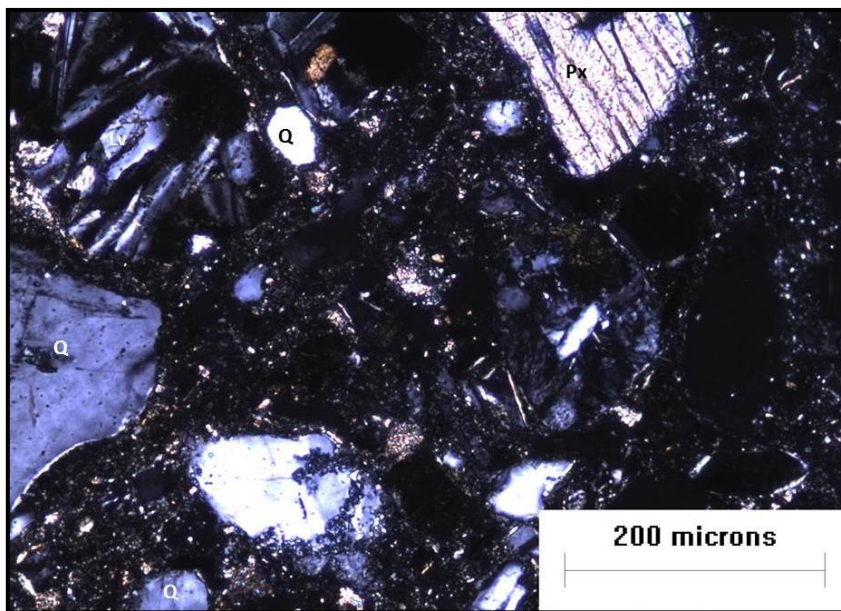


Figura 4.13: Corte delgado correspondiente a la muestra PC-D, donde se observan clastos de Cuarzo (Q), Piroxeno (Px) y líticos volcánicos (Lv).

Al observar la muestra al microscopio se distinguen clastos (50%) de textura flotante a clasto sostén por zonas, dentro de una matriz fangosa (50%). Los clastos corresponden mayormente a cuarzo (50%) predominantemente monocristalino, inequigranular de bordes subredondeados, con extinción flash a ondulosa. Los fragmentos líticos corresponden a líticos volcánicos (18%), sedimentarios (10%) y plutónicos (2%). Se observan también feldespatos, principalmente Feldespato potásico (8%), alterado a Sericita. Existen algunos clastos de plagioclasa (2%), tabulares y subredondeados, con macla polisintética, generalmente menos alterados que los anteriores. Se observan también minerales pesados, Piroxenos (8%) de individuos redondeados a subredondeados, hábito tabular, alta birrefringencia y pleocroismo leve del castaño al verde claro. Se distinguen minerales opacos (2%).

La muestra según Folk et al. (1970) se clasifica texturalmente como una Fangolita Arenosa y composicionalmente como una Litoarenita.

Paleoalbúferas I y III (Blanco 2012)

Blanco 2012 reconoce 2 niveles paleoalbuféricos, que a su vez resultan desde el foco de este trabajo, de interés hidrogeológico (Figura 4.14). **Paleoalbúferas I y III.**



Figura 4.14: Paleoalbéferas I y III (Tomado de Blanco 2012)

Blanco (2012) describe las respectivas muestras. Ambas presentan distribuciones unimodales. La muestra **1** (paleoalbéfera I) presenta una marcada moda en el intervalo 4,5 phi, y media en 6,15 phi (**limo**), mientras que la muestra **CM-3** (paleoalbéfera III) presenta la moda en el intervalo 4 phi y media en 3,37 phi (**arena muy fina**), y abundante participación de arena fina (3 phi).

4.4 - Formación Punta Villarino – (Angulo et. al 1978) - Holoceno

4.4.1 - Dunas inactivas

La muestra (**PB-1**) representa las dunas inactivas de la Isla Jabalí, suprayace en concordancia los depósitos de la terraza de acumulación marina III y corresponde al tope del perfil de acantilado activo (Figura 4.6).

Análisis textural

Presenta distribución unimodal, casi simétrica y mesocúrtica. La moda se ubica en el intervalo 3 phi y la media en 2,43 phi. Se clasifica como **arena fina** y presenta muy buena selección. Se compone de un 99,89% de arena y un 0,11% de fango (Blanco 2012).

Análisis mineralógico

La siguiente tabla (tabla 4.2) resume la composición de los sedimentos que conforman el cuerpo de las dunas inactivas de la Isla. La aparición de minerales livianos es esencialmente la misma que los descriptos en los cortes del *Perfil de la cantera*. La diferencia radica en la mayor participación de minerales pesados (Figura 4.15) que en algunos casos puede llegar hasta el 40 % en las arenas de dunas (Blanco 2012).

	Muestra	PB-1
Cuarzo (%)	Monocrisralino	8
	Policristalino	3
Feldespato (%)	Plagioclasa	10
	Feldespato K	4
Líticos (%)	Volcánicos	20
	Sedimentarios	10
	Metamórficos	3
Minerales pesados (%)	Piroxenos	16
	Anfíboles	4
	Circón	2
	Epidota	3
	Granate	4
	Opacos	10
Bioclastos (%)		3
Total (%)		100

Tabla 4.2: Composición mineralógicas de la muestra PB-1 (Blanco 2012)



Figura 4.15: Corte petrográfico de la muestra PB-1 (duna inactiva), donde se observan líticos volcánicos (LV), Anfíboles (An), Cuarzo (Q) y piroxenos (Px)

En función de la composición mineralógica observada y utilizando la clasificación de Folk *et al.* (1970) la muestra analizada corresponde a una litoarenita (figura 4.16).

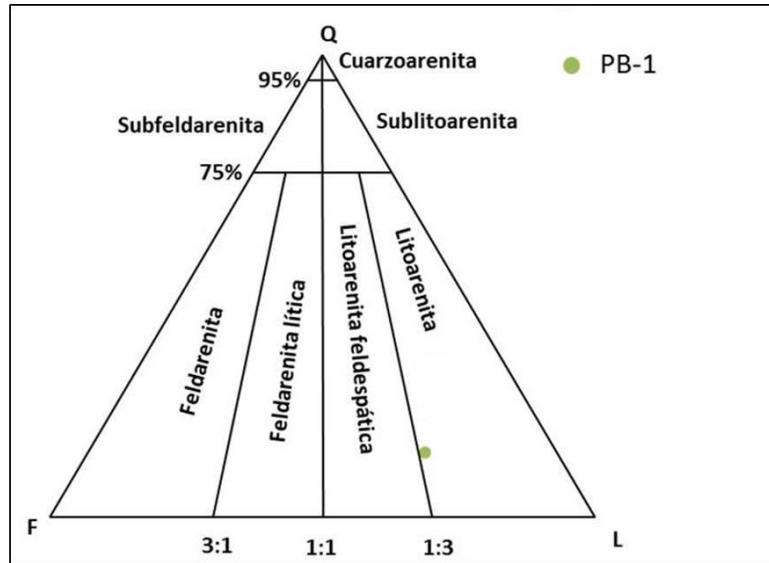


Figura 4.16: Clasificación de la muestra PB-1, utilizando el diagrama de Folk *et al.* (1970). Q= cuarzo monocrystalino; F= feldespatos; L= líticos+cuarzo policristalino.

4.4.2 - Dunas activas

Con el fin de caracterizar las dunas activas Blanco (2012) tomó cuatro muestras, en las distintas zonas del cuerpo de las mismas. Cresta, cara de impacto, cara de deslizamiento e interduna.

Análisis textural

La muestra **A-6** representa la cresta de las dunas. Tiene un valor medio de 2,57 phi (**arena fina**), sigue una distribución unimodal en 3 phi y se encuentra bien seleccionada. Es casi simétrica y mesocúrtica. Contiene un 99,95% de arena y un 0,05% de fango. La muestra **D-1** caracteriza la cara de impacto. Presenta una media de 2,8 phi (**arena fina a muy fina**), moda en 3 phi y muy buena selección. Su distribución es casi simétrica y mesocúrtica. Se compone por un 99,06% de arena y un 0,04% de limo/arcilla. Para representar la cara de deslizamiento se tomó la muestra **D-2**. Su media tiene un valor de 2,72 phi (**arena fina**). Es unimodal en 3 phi y se encuentra muy bien

seleccionada. Casi simétrica y mesocúrtica. Presenta un 99,98% de arena y un 0,02% de limo/arcilla. La interduna es caracterizada por la muestra **D-3**. Su media se encuentra en 2,84 phi (**arena fina a muy fina**), es unimodal en 3 phi y está moderadamente bien seleccionada. Es casi simétrica y mesocúrtica. Tiene un 2,24% de grava, 96,95% de arena y 2,81% de limo/arcilla (Blanco 2012).

Análisis mineralógico

La siguiente tabla (4.3) resume la composición de los sedimentos que conforman el cuerpo de las dunas activas de la Isla. La aparición de minerales livianos es esencialmente la misma que los descriptos en los cortes del *Perfil de la cantera*.

	Muestra	D1
Cuarzo (%)	Monocrisralino	6
	Policristalino	5
Feldespatos (%)	Plagioclasa	7
	Feldespatos K	4
Líticos (%)	Volcánicos	17
	Sedimentarios	10
	Metamórficos	6
Minerales pesados (%)	Piroxenos	13
	Anfíboles	5
	Circón	5
	Epidota	4
	Granate	7
	Opacos	9
Bioclastos (%)		2
Total (%)		100

Tabla 4.3: Composición mineralógicas de la muestra D-1 (Blanco2012)

La diferencia radica en la mayor participación de minerales pesados (Figura 4.17) que en algunos casos puede llegar hasta el 40 % en las arenas de dunas. En función de la composición mineralógica observada y utilizando la clasificación de Folk *et al.* (1970) la muestra analizada corresponde a una litoarenita (figura 4.18).

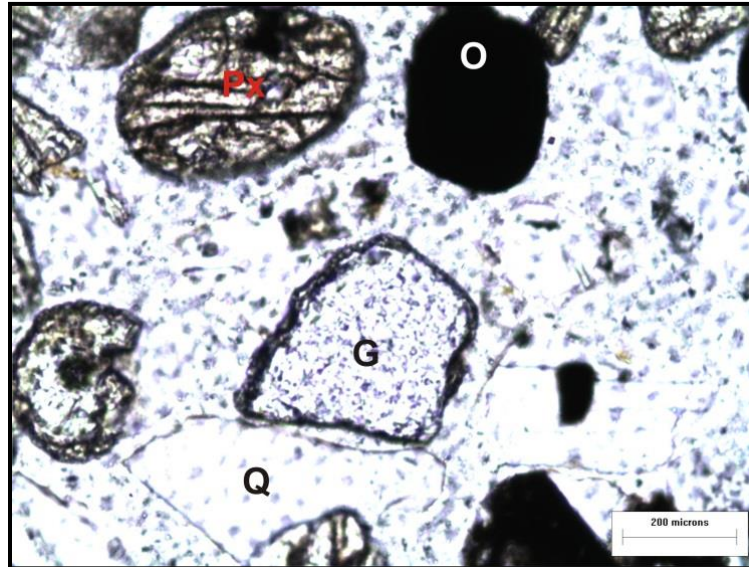


Figura 4.17: Corte petrográfico (sin nicols cruzados) correspondiente a la muestra D1 (duna). Se observa un granate (G), cuarzo (Q), minerales opacos (O) y piroxenos (Px). (Blanco 2012)

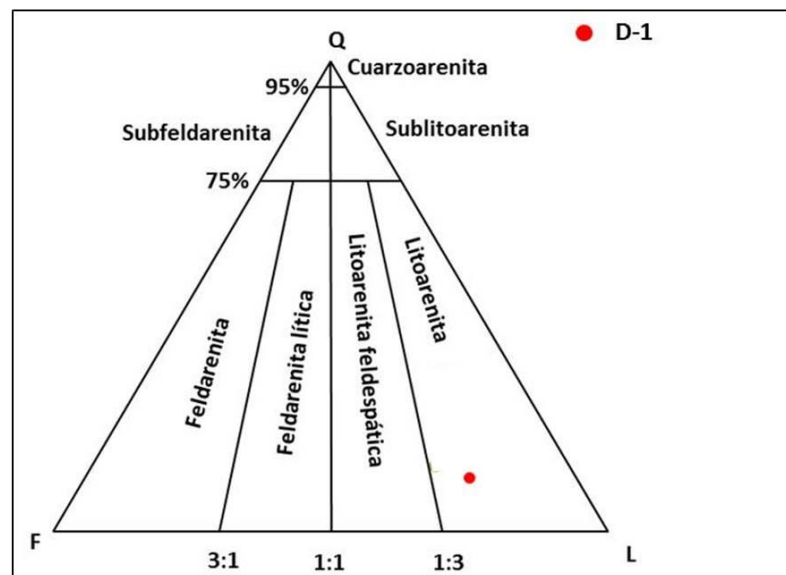


Figura 4.18: Clasificación de la muestra D-1, utilizando el diagrama de Folk *et al.* (1970). Q= cuarzo monocristalino; F= feldespatos; L= líticos+cuarzo policristalino. (Blanco 2012)

4.5 – Relación entre mineralogía y ambiente de depositación

Blanco (2012) generó un diagrama ternario con los porcentajes de cuarzo monocristalino, feldespatos y minerales pesados con el fin de observar una posible tendencia entre la mineralogía de los distintos ambientes de depositación (figura 4.19). Observó un agrupamiento de las

muestras de dunas, ya que algunas presentan mayores porcentajes de minerales pesados con respecto al cuarzo y feldespatos. La muestra de playa distal presentó valores cercanos, mientras que los de playa frontal, delta de flujo y planicie de mareas se agruparon con mayores porcentajes de cuarzo, que de minerales pesados.

Estas diferencias son atribuibles a los mecanismos de transporte que afectan las zonas. El viento ejerce una acción selectiva sobre los sedimentos, transportando con mayor facilidad los livianos, provocando el enriquecimiento de las dunas en pesados. Como la arena de dunas proviene de la playa, la mayor acumulación de pesados se registra en la playa distal, luego transportada a las dunas.

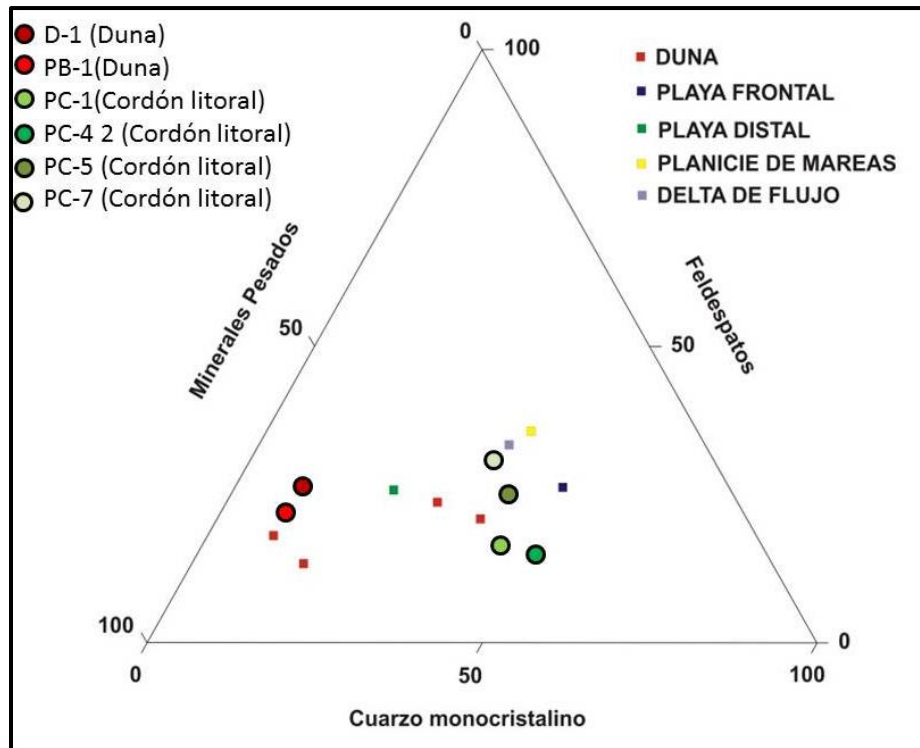


Figura 4.19: Muestras de dunas y cordones litorales graficadas sobre el diagrama ternario composicional propuesto por Blanco (2012).

Para respaldar la interpretación ambiental dada a cada una de las muestras utilizando criterios texturales y geomorfológicos, se volcaron los datos obtenidos a través del microscopio en el diagrama propuesto por Blanco (2012) que intenta relacionar mineralogía con ambientes geomorfológicos. Ambos grupos de muestras de dunas se agrupan perfectamente, mientras que las muestras de cordones litorales arenosos muestran una transición, un aumento de energía del medio, entre ambientes de playa y ambientes mareales. Es decir que el pasaje de un ambiente de

relativamente baja energía (dunas) a uno de alta energía (mareal), pasando por ambientes de playa arenosa, gravosa y mixta, queda caracterizado por la variación en la participación de minerales pesados (de menor a mayor, a medida que aumenta la energía de los mecanismos de transporte involucrados).

Este análisis posee implicancias hidrogeológicas, en el sentido que las unidades geomorfológicas de dunas y cordones litorales constituyen las facies más permeables y por lo tanto las que tiene posibilidades de contener los acuíferos en la Isla Jabalí. De igual forma las unidades geomorfológicas relacionadas con las paleoalbéferas de permeabilidades más bajas y contendoras de niveles acuitados o incluso acuícludos. Esto establece un vínculo entre mineralogía, litología, geomorfología e hidrogeología que condiciona zonas de recarga, infiltración, hidroquímica e hidráulica de los potenciales acuíferos. Esto constituye un rasgo característico y distintivo de los acuíferos en las zonas costeras de la Provincia de Buenos Aires.

4.6 – Resumen de la estratigrafía propuesta para el área de estudio

En función de lo expuesto en los apartados anteriores, análisis litológico del perfil de pozo, la descripción de las muestras, trabajos previos y la bibliografía recopilada como antecedente, definiremos que los niveles representados en el pozo N° 4 del Campo de bombeo de Bahía San Blas se puede resumir la estratigrafía de la siguiente manera (tabla 4.4):

- ✓ 0 - 07 m.b.b.p. Se identificaron arenas muy finas a finas, color ocre amarillento, bien seleccionados, sin consolidar y con un importante proporción de minerales pesados. Se trataría de niveles muy recientes.
- ✓ 7 - 13 m.b.b.p. Se observa un nivel gravo-arenoso, color gris a ocre amarillento, con abundante matriz, mal seleccionado y sin consolidar. Se trataría de niveles modernos previos a los mencionados.
- ✓ 13 m.b.b.p. Se observaron niveles de arenisca castaño grisácea, bien seleccionada y muy consolidada. Se reconoce en ellas un evento previo a los descriptos. (Es la profundidad máxima del Pozo N°4).

En el primer tramo (0-7mbbp) se ha observado, a partir de material litológico de otras perforaciones no documentadas que la primera unidad posee espesores variables en la zona de

estudio entre los 7 y 10 m. Dada sus características y posición en el perfil serían atribuibles a las arenas de dunas de la Formación Punta Villarino (Angulo et. al 1978). El segundo nivel descripto (7 - 13mbbp) es muy característico del área de estudio y en la zona se observa con una potencia variable entre los 3 y 6 m. La composición de los cordones litorales es predominantemente gravosa en la zona de estudio y asimilable a la Formación San Antonio (Angulo et. al 1978) Finalmente se alcanza un nivel de arenisca que por su litología corresponde a otro evento y entendemos que sería atribuible a la Formación Río Negro, de origen fluvial y edad Plio-pleistocena. En síntesis la estratigrafía propuesta para los primeros niveles de la Isla Jabalí sería la representada en la tabla 4.4

Espesores aprox. (metros)	Tramos en m.b.b.p
Suelo edáfico	0 - 0.30
Fm. Punta Villarino	0.3 – 7
Fm. San Antonio	7 - 13
Formación Río Negro	13

Tabla 4.4: Propuesta estratigráfica para la Isla Jabalí

5 – Hidrogeología de la Isla Jabalí

5.1 –Hidrometeorología

5.1.1 - Balance Hídrico

Caracterización climática

A partir de los valores de temperaturas medias y precipitaciones medias mensuales de la tabla 2.1 se calcularon los valores de evapotranspiración potencial (ETP) (Tabla 5.2) utilizando el método de Thornthwaite (1948) y se los corrigieron por latitud:

Mes	Temperatura media (°C)	Precipitación media (mm)
Enero	22,6	21,7
Febrero	21,2	58,6
Marzo	18,7	57,2
Abril	13,8	32,2
Mayo	10	29,2
Junio	7,4	21,9
Julio	6,8	36,7
Agosto	8,3	21,2
Septiembre	10,9	25,2
Octubre	14,8	33,1
Noviembre	17,5	16,5
Diciembre	20,8	22,4
Anual	14,4	375,9
Máxima absoluta	33,2	-----
Mínima absoluta	-2,6	-----

Tabla 5.1: Valores de precipitación y temperaturas producto de la estación meteorológica Viedma del Servicio meteorológico nacional (SMN) (2001-2010).

$$ETP^* = 1,6 \left(\frac{10t}{I} \right)^a$$

Donde:

- t = temperatura media anual (°C).
- I = índice de calor anual.

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1,5}$$

Donde:

- $a = 0,492 + 0,0179 I - 0,0000771 I^2 + 0,000000675 I^3$
- ETP^* = Evapotranspiración potencial sin corregir (mm/mes)
- L = factor de corrección por latitud (Dunne- Leopold (1978))
- ETP = Evapotranspiración potencial corregida (mm/mes)

$$ETP = ETP^* \cdot L$$

- e = evaporación residual (mm/mes)

El método de Turc (1954) es un método útil para realizar una estimación de la ETR anual (Evapotranspiración Real) cuando solamente se dispone de datos de Precipitación y Temperatura pudiendo emplearse las fórmulas de Turc (1954), que se basan en el mismo principio que Thornthwaite (1948) solo que empleando las precipitaciones reales de la zona .

En ambos casos se trata de métodos de cálculo establecidos empíricamente comparando las precipitaciones y la esorrentía total de numerosas cuencas obtenidas correlacionando datos de numerosas cuencas de todo el mundo. La Expresión de Turc (1954) permite calcular la ETR y queda dada por la expresión auxiliar que permite calcular el L (corrección por latitud de la temperatura media) y finalmente la que calcula la ETR:

$$L = 300 + 25 tm + 0,05 tm^3$$

$$ETR = P / (0.9 + (P^2/L^2))^{0.5}$$

Donde:

- ETR = evapotranspiración real en mm/año
- P = Precipitación en mm/año
- L = Corrección de latitud
- tm = temperatura media anual en °C

ETP^* (mm)												
	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
ETP^* (mm)	106,56	96,92	80,47	51,29	31,81	20,36	17,96	24,14	36,15	56,89	72,93	94,22
L	1,16	1,09	1,03	0,94	0,88	0,81	0,83	0,91	0,96	1,05	1,11	1,18

Tabla 5.2: Valores de ETP^* y sus respectivos factores de conversión por latitud.

ETP (mm)												
	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
ETP (mm)	123,61	105,64	82,88	48,21	28,00	16,49	14,91	21,96	34,70	59,73	80,96	111,18
ETR (mm)	21,70	58,60	57,20	32,20	28,00	16,49	14,91	21,96	25,20	33,10	16,50	22,40

Tabla 5.3: Valores de ETP corregidos y ETR por el método de Turc (1954)

A partir de los datos expuestos se realizó un balance hídrico (Figura 5.1):

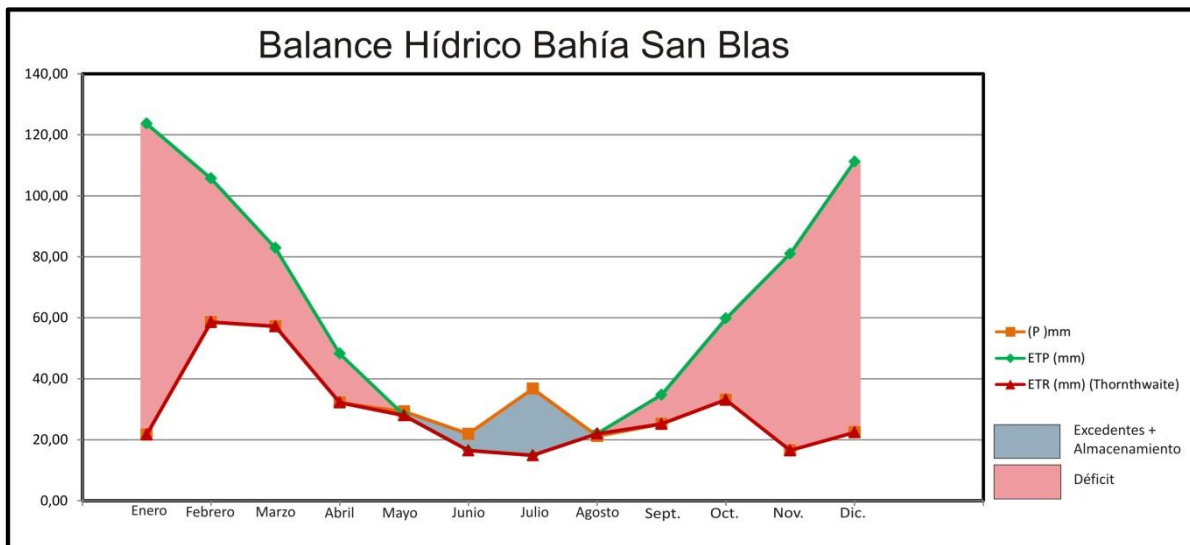


Figura 5.1: Balance Hídrico Bahía San Blas (2001-2010 Estación Viedma SMN)

Calculamos el índice hídrico anual (Iha) según Thornthwaite (1948) a partir de un índice de aridez (Ia) y otro de humedad (Ih),

- $Ia = 100 \frac{S}{ETP} = -38,0$, donde S es el superavit o exceso de agua según un balance hídrico directo.
- $Ih = 100 \frac{D}{ETP} = 40,9$, donde D es un déficit o falta de agua según un balance hídrico directo.
- $Iha = Ia - 0.6 Ih = -62,5$

Este índice de humedad (Ih) anual corresponde al de un clima Semiárido.

También se calculó el índice de aridez de Martonne (Ia),

$$Ia = \frac{P}{t + 10} = 15,4$$

Donde:

P= Precipitación media anual (mm/año)

t= Temperatura media anual (°C)

Este valor corresponde al de un clima Semiárido también.

5.2- Calculo de infiltración

En la zona de estudio no existen cauces de importancia por lo que la escorrentía superficial no está encausada y en picos de tormenta puede adquirir características mamiformes e incluso de un flujo denso. Para este estudio la misma puede considerarse nula. Entonces para el periodo de tiempo considerado (año hidrológico), se puede obtener el valor de infiltración restándole a los excedentes hídricos el valor de escorrentía (Custodio y Llamas, 1983). La infiltración coincide entonces con el valor del excedente de agua para la Isla, **276,4mm/año**.

Otro método de análisis es el que propone Goldschmidt (1958) considerando que existe relación entre la infiltración y la precipitación media anual a partir del cual se puede calcular el factor de infiltración, según la expresión

$$I = \alpha(P - P_0) = 0,8(375,9 - 31,3)$$

Donde:

- I : Infiltración en mm/año
- α : coeficiente adimensional de la región entre 0,78-0,87
- Ppa : Precipitación media anual en mm
- Ppc : Precipitación característica de la región (Promedio de todas las series en mm)

La determinación del coeficiente α no supone variaciones importantes en el resultado y consideraremos el valor de 0,8 como válido. La precipitación característica es el promedio de las precipitaciones de toda la serie de tiempo, suele proponerse para una cuenca, aquí se empleará un valor para cada serie de precipitaciones correspondiente a la estación Viedma obteniendo así varios valores de infiltración y factor de infiltración característicos, calculando finalmente un promedio ponderado que es el que se tomara como valor de infiltración para el área de estudio. Es importante mencionar que Goldschmidt (1958) ha aplicado este método con buenos resultados en regiones semiáridas.

Según el método de Goldschmidt (1958) se obtuvo una infiltración media anual para el área de estudio de: **275,66 mm/año**. Similar al obtenido a partir de los valores de excedentes hídricos y esorrentía superficial, por lo que puede considerarse válido.

5.3- Prospección geoeléctrica

La prospección geoeléctrica es un método indirecto de que consiste en hacer pasar una corriente de intensidad ΔI por medio de dos electrodos y medir la diferencia de potencial ΔV entre otros dos electrodos, ubicados simétricamente a lo largo de una línea.

Separando progresivamente los electrodos de emisión de corriente se aumenta la profundidad de investigación en la vertical. Se aprovechan las respuestas resistivas de los terrenos

en función de la combinación de los siguientes factores: tipo de sedimento, espesores de las capas, presencia de sales en el agua subterránea y eventuales estructuras, principalmente.

5.3.1 - Prospección Eléctrica por Corriente Continua

La resistividad es una medida de la dificultad que la corriente eléctrica encuentra a su paso en un material determinado. Las rocas se comportan como conductores de resistividad muy variable debido, principalmente, a que sus poros están rellenos de fluidos (aire y agua).

La resistividad depende de diversos factores, uno de ellos es la salinidad del agua contenida en los sedimentos. Otros factores importantes, tales como el tipo de sedimento no tienen influencia cuando se trata de zonas relativamente constantes en cuanto a variaciones litológicas y sin anisotropías direccionales.

Las corrientes eléctricas que interesan a la prospección no recorren conductores lineales, sino que recorren medios tridimensionales. El problema se aborda desde la suposición de que el subsuelo se compone de varias capas, cada una de ellas con distintas características, en las cuales la resistividad es constante y que están separadas entre sí por superficies planas.

La corriente penetra por un electrodo (A) y sale por otro (B) volviendo a la fuente de energía para cerrar el circuito, esta produce un campo eléctrico que se mide por medio de otros electrodos (M y N) conectados entre sí.

Los datos se toman desde la superficie del terreno y dan como resultado una resistividad ficticia que dependerá de las resistividades verdaderas de cada capa y de las distancias entre los electrodos. Esta cantidad se conoce como resistividad aparente (ρ_a) que es la variable experimental que expresa los resultados de las mediciones y que se toma como base para la posterior interpretación.

Dispositivos de Medición

Son variados y constan de un conjunto de electrodos, en general cuatro (AB y MN), que se disponen linealmente y que unidos por cables aislados, integran dos circuitos independientes entre sí (Figura 5.2).

1. El circuito de alimentación o de emisión que incluye a los electrodos A y B, mediante los

cuales se incorpora corriente al subsuelo. La intensidad (ΔI) de la corriente que entra y sale se mide con miliamperímetro y es suministrada por un generador eléctrico (batería en este caso).

2. El circuito de recepción o de medición, compuesto por los electrodos impolarizables M y N. En él se evalúa con un milivoltímetro la diferencia de potencial (ΔV) que se produce entre M y N al ingresar corriente al subsuelo a través de A y B.



Figura 5.2: Dispositivo de medición utilizado durante la campaña de geoelectrónica.

Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)

Se llama así a una serie de determinaciones de resistividad aparente (ρ_a), efectuadas con el mismo tipo de dispositivo, una separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción (AB), azimut constante y con el centro del segmento MN fijo.

Los datos de ρ_a obtenidos en cada posición se representan en la ordenada, mientras que en la abscisa se toman las distancias AB/2 respectivas. Las escalas de ambos ejes son logarítmicas.

El resultado es una curva denominada curva de campo o de resistividad aparente (ρ_a) que guarda relación con el comportamiento geoelectrónico del subsuelo inmediatamente debajo del

punto medio del tendido.

La finalidad del SEV es averiguar la distribución vertical de resistividades bajo el punto sondeado partiendo de la curva de campo, encontrando una curva de resistividades verdaderas que se adecue a la zona de trabajo.

Método Schlumberger

La técnica más seriamente utilizada y con valor comparativo universal, es la ejecución de cada sondeo eléctrico vertical (SEV) aplicando el dispositivo Schlumberger con 4 electrodos simétricos, debiendo ser la separación de las alas (electrodos de corrientes) aproximadamente 4 a 5 veces la profundidad máxima que se intenta alcanzar.

Consiste en un dispositivo electrónico lineal, en este caso simétrico, en el que la distancia MN es muy corta con respecto a la AB.

El mismo es muy práctico para la realización de Sondeos Eléctricos Verticales porque las curvas obtenidas son expresivas y sensibles a las características del corte geoelectrico sobre el que se efectuaron las mediciones.

Como los valores de ΔV disminuyen de estación a estación, se necesita que se efectúen "empalmes", es decir aumentos de la distancia entre M y N. Este procedimiento provoca "saltos" en los valores de resistividad que se deben corregir a fin de conseguir una curva continua.

Consideraciones acerca de las ventajas del método

Ante la imposibilidad práctica de extender la toma de información directa del subsuelo a toda la zona de interés, se recurre a este método, que en base al relevamiento eléctrico del terreno, permite discriminar, cuando los contrastes de la resistividad lo hacen posible, diferencias litológicas como las que caracterizan la región.

Las ventajas del método residen principalmente en que se lee y analiza con una metodología clara y conocida. Es un método con una tecnología probada y aceptada desde hace más de 100 años y con una justificación científica que lo convierte en universal. El mismo es método válido para cualquier peritaje o confrontación de la información obtenida que siempre puede volver a ser interpretada. (Custodio, Llamas, 1982; Orellana 1970).

5.3.2 - Procedimiento Empleado

En un principio, se planteó el propósito de la prospección y se examinó información principalmente geomorfológica de la región para programar el trabajo de campo y los objetivos a alcanzar.

Una vez concertada la densidad de las mediciones (distancia entre centros de SEV contiguos) y su posición (figura 5.3), se efectuó la recopilación de información en el campo con SEVs en su mayoría cortos (AB final menor a 200 metros) con un resistivímetro equipado con instrumental de medición Fluke serie 80.



Figura 5.3: Mapa ubicación sondeos eléctricos verticales (SEV)

Las curvas obtenidas fueron en general de buena calidad ya que no aparecieron datos anómalos y los empalmes se resolvieron sin problemas.

Se elaboraron los datos obtenidos interpretándolos, primeramente con curvas patrón para

usarlas de referencia. Luego con programas de computación, para obtener la distribución de resistividades en el subsuelo y así poder traducirlas a los cortes geológicos que se necesitaban como resultado.

La información recopilada de perfiles litológicos y niveles piezométricos, es utilizada para el ajuste paramétrico de las respectivas posiciones medidas y para una mejor interpretación global del esquema hidrogeológico de la zona.

5.3.3– Interpretación hidrogeológica de los SEV

Las curvas anexas al estudio (ver anexo II) fueron interpretadas en base a la información geológica de campo y de pozo registrada. Se utilizó como pozo paramétrico el Pozo N°4 del campo de bombeo del Municipio de Bahía San Blas, único con geología reconocida.

La ubicación de los SEV se realizó, donde esto fue posible, muy cerca de las perforaciones capaces de proporcionar caudales de interés, tratando también de obtener la mejor cobertura posible. Los 19 SEV realizados alcanzan para apoyar una caracterización inicial del área permitiendo destacar las condiciones más favorables para la ocurrencia del agua subterránea.

Además se reinterpretaron los SEVs realizados por el S.P.A.R. (Servicio provincial de agua potable y saneamiento rural) en el campo de bombeo de Bahía San Blas (SEVs 1a al 7a) (Figura 5.4). Totalizando entonces 26 Sondeos eléctricos verticales.

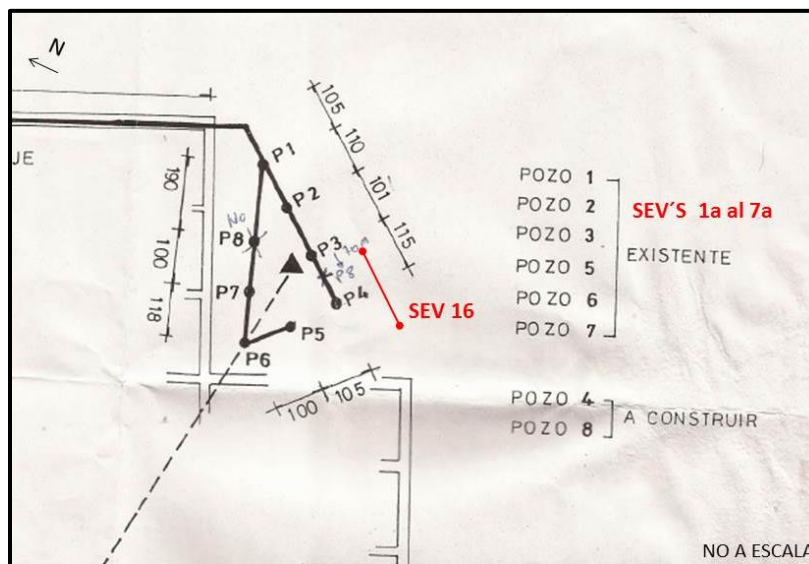


Figura 5.4: Ubicación de los SEV realizados dentro del Campo de Bombeo de Bahía San Blas

La intención de esto último es realizar una interpretación geoelectrica uniforme y comparable

de todos los datos disponibles y correlacionable con la geología local, dado que la información del SPAR carecía de una interpretación regionalizada. Sobre la base de este enfoque se identificaron fundamentalmente los siguientes paquetes resistivos (tabla 5.4):

Espesores aprox. (metros)	Resistividad (ohm.m)	Profundidades Aprox. (m)	Nomenclatura
2-8	1000-4000	0-8	I
4-8	4000-19000	0-8	II
2	0,4-3	0-2	III
5-10	50-1000	3-10	IV
7-10	20-1500	7-14	V
7	3	2-3	VI
?	≤10	15	VII

Tabla 5.4: Principales paquetes resistivos y sus características

Grupo I:

Corresponde a la respuesta del suelo y zona no saturada de agua. Puede corresponder a arenas medias a finas de origen eólico. Dentro de este horizonte pueden existir variaciones de resistividad producto del desarrollo de niveles edáficos o variaciones en el grado de humedad de los sedimentos. Los niveles estáticos se encuentran entre los 2 y 8 m.b.b.p. Presente en todos los SEVs con excepción del SEV 07, SEV10, SEV 11, SEV15 y SEV 19. Corresponde a la respuesta de las capas 1 y 2, aunque en ocasiones solo de la capa 1. Posee entre los 2 y 8 metros de espesor con resistividades que van desde los 1000 ohmm a los 4000 ohm metros aproximadamente. Estos valores elevados de resistividad son típicos de arenas en zona no saturada. También adjudicable a las capas 1 y 2 de los SEV1a al SEV7a. Sin valor exploratorio.

Grupo II:

Horizontes que pueden corresponder a gravas en zona no saturada con posibles intercalaciones de arena. Pueden observarse pequeñas fluctuaciones atribuibles a cambios de humedad propios de los sedimentos. El nivel estático se encuentra entre los 4 y los 8 m.b.b.p. Presente en el SEV05, SEV10, SEV 14, SEV 15, en ocasiones coincidiendo con las capas 1 y 2 y en otras, solo la capa 2 subyaciendo depósitos arenosos. Tienen espesores entre los 4 y los 8 metros,

con resistividades desde los 4000 ohmm y los 19000 ohmm, típicos de zona no saturada. Sin valor exploratorio.

Grupo III:

Se interpreta este nivel como uno de arenas muy finas a limos, muy poco permeables, en zona no saturada. El nivel estático se encuentra a aproximadamente a 2 m.b.b.p. Corresponde a la situación ilustrada por las capas 1 y 2 del SEV19, tomado sobre uno de los niveles paleoalbuféricos. Tiene un espesor de unos 2 metros y resistividades que van de los 0,4 ohmm a los 3 ohmm. Sin valor exploratorio.

Grupo IV:

Corresponde a niveles que pueden interpretarse como arenas medias a finas de origen eólico, de mediana porosidad y permeabilidad media a alta, con posibilidades de contener el acuífero freático libre. Las variaciones se pueden deber a cambios en la química del agua contenida en los sedimentos así como a posibles intercalaciones de gravas o participación de material fino. Presente en el SEV01, SEV03, SEV12, SEV 13, SEV 14, SEV, 16 y SEV 18. Atribuible a las capas 3 y 4 de dichos SEVs. A profundidades desde los 3,5 metros hasta los 10 metros. Espesores entre los 5 y 10 metros con resistividades desde los 50 ohmm a los 1000ohmm. Con valor exploratorio.

Grupo V:

Puede corresponder a paquetes de gravas en zona saturada. Las variaciones observadas pueden atribuirse tanto a cambios granulométricas de la propia grava, aumento en la participación de arena, distintos grados de cementación del material o variaciones de la hidroquímica del agua contenida en las mismas. Corresponden a la capa 4 de los SEV01, SEV 02, SEV03, SEV08, SEV12, SEV13, SEV14 y SEV16 También a las capas 3 y 4 de los SEV04, SEV05, SEV06, SEV09, SEV10, SEV15 y SEV 17. Se emplazan a profundidades entre los 7 y 14 metros y arrojaron resistividades entre los 20 ohmm y 1500ohmm. Su espesor va de los 7 a los 10 metros. Se corresponde también con la capa 4 de los SEVs 1a al 7a. Dentro de la zona corresponde a una de las unidades con mayor valor exploratorio.

Grupo VI:

Se interpreta como niveles limo-arenosos, de baja permeabilidad, en zona saturada con agua de mala calidad. Bien tipificado por las capas 3 y 4 del SEV19, aunque los SEV11 y SEV7 ilustran situaciones similares para esos niveles, tal vez con mayor presencia de arena o agua relativamente de mejor calidad. Podemos hallarlo entre los 2 y 3 metros de profundidad, con espesores del orden de los 7 metros. Los valores de resistividad rondan los 3 ohmm. Sin valor exploratorio.

Grupo VII:

Corresponde a niveles de matriz arcillosa con agua salada. Localmente pueden observarse aumentos de resistividad interpretada como la presencia de intercalaciones de areniscas muy consolidadas y muy impermeables. Todas las capas 5 de todos los SEVs dan cuenta de la presencia de esta unidad. Siempre con valores de resistividad menores a 10 ohmm y a una profundidad de 15 metros aproximadamente. No se puede estimar su espesor ya que éste se encuentra cerca del límite de penetración del método.

5.4 – Correlación Geoeléctrica e hidroestratigrafía

5.4 .1 - Unidades hidroestratigráficas

Las unidades hidroestratigráficas definen las características de los materiales acuíferos involucrados y los límites espaciales de las zonas acuíferas, tanto en sentido lateral como vertical.

Estas unidades han sido propuestas en base a datos litológicos obtenidos a partir de pozos (Figura 8.1) y perfiles, relevamiento geológico y geomorfológico, y resistividades obtenidas a través de sondeos eléctricos verticales (SEVs) (Ver tabla 5.4).

Con esta información se identificó la existencia de cinco unidades hidroestratigráficas que conforman el acuífero de la Isla Jabalí.

Unidad 1:

Comprende los depósitos de arenas eólicas (grupos I y IV de paquetes resistivos), tanto de dunas activas como inactivas, que constituyen la zona no saturada del acuífero con resistividades del orden de los 2000 ohmm o bien el acuífero freático o libre cuando los mismos se encuentran saturados en agua, arrojando resistividades entre los 100 y 1000 ohmm. Estos depósitos de dunas

que se extienden a lo largo de la costa sudeste bonaerense serían correlacionable con los depósitos de igual génesis agrupados bajo la denominada Fm. Punta Villarino (Angulo et al. 1978).

Unidad 2:

Incluye los depósitos de cordones litorales, tanto gravosos como arenosos (paquetes resistivos II y V). Cuando los mismos se encuentran no saturados, entregan resistividades muy elevadas, entre los 4000 y 19000 ohmm. Conteniendo al acuífero libre los valores de resistividad no exceden los 1500 ohmm. Corresponden a depósitos de cordones litorales, de edad holocena si nos restringimos a los límites de la Isla Jabalí (en las inmediaciones del área se encuentran depósitos de cordones pleistocenos), correlacionables la Fm. San Antonio (Angulo et al. 1978). El material que compone estos depósitos es aportado principalmente por el Río Negro y transportado hacia el norte por las corrientes de deriva (Blanco 2012).

Unidad 3:

Corresponde a depósitos limo-arenosos, tanto aflorantes, como en profundidad, interpretados como depósitos paleoalbuféricos (paquete resistivo VI). En reiteradas oportunidades se encuentran saturadas conteniendo al acuífero freático, siempre con aguas de mala calidad. Con resistividades que no superan los 5 ohmm. Son de edad holocena, ya que se encuentran intercalados entre depósitos cordoniformes de igual edad cuando se encuentran en profundidad, o suprayaciéndolos cuando se los observa aflorantes.

Unidad 4:

Constituye el basamento hidrogeológico de la Isla. Se corresponden con el grupo VII de paquetes resistivos. Su interpretación ofrece varias oportunidades. Grandes valores de resistividad hacen intuir la presencia de un horizonte muy consolidado, atribuible a las areniscas de la Fm. Río Negro, también observadas en los recortes de perforación obtenidos al momento de la instalación del campo de bombeo de Bahía San Blas (SPAR). Se reconocen también en los perfiles de pozos niveles limo-arcillosos que pueden corresponder a términos de menor granulometría de la Fm. Río Negro cuando estos aparecen por debajo de las areniscas gris azuladas típicas. Sin embargo por sectores se observan depósitos areno-limosos intercalados entre los niveles de depósitos de cordones litorales y aquellos de la Fm. Río Negro.

5.5 – Mapa de Isoresistividad (Ωm)

En base a los resultados de resistividad (Ωm) obtenidos se planteó el siguiente mapa de isoresistividad presentado en la Figura 5.5. y adjunto en el Anexo IV.

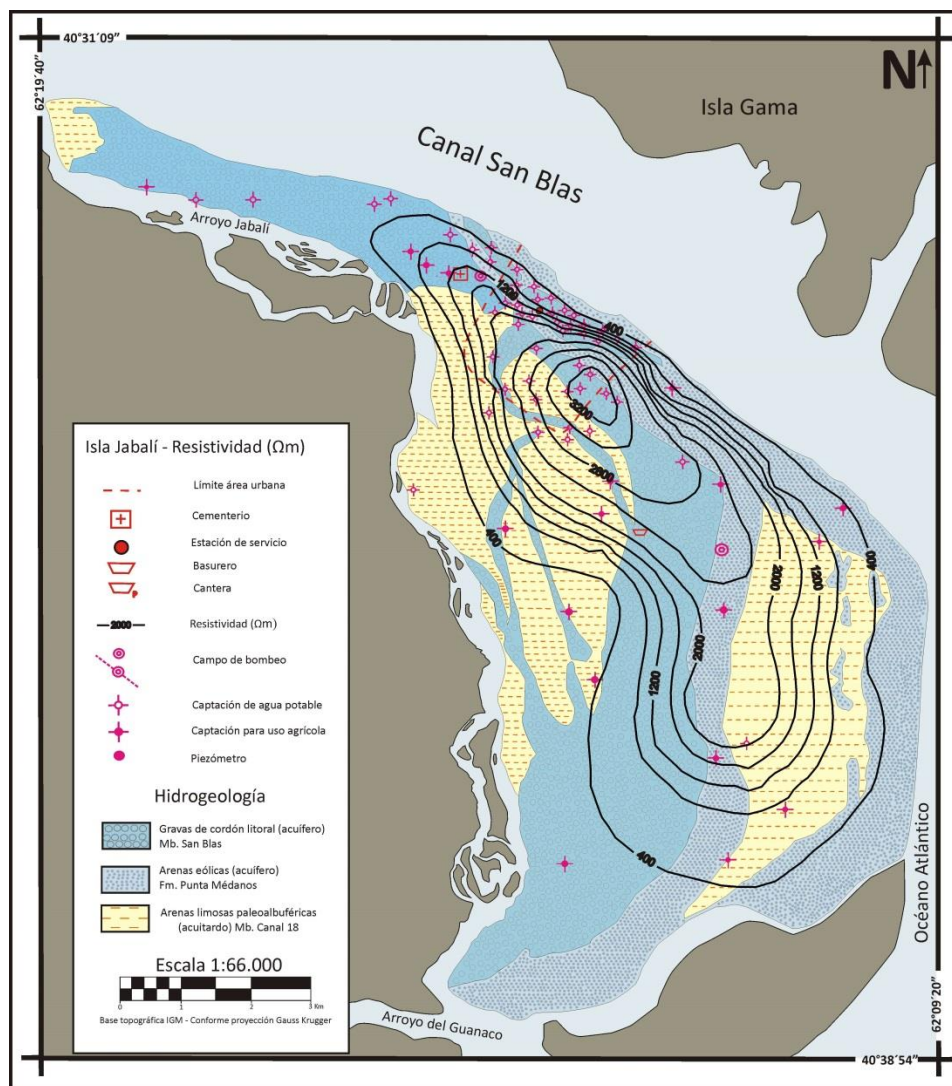


Figura 5.5: Mapa de resistividad (Ωm) de los niveles atribuibles a acuíferos en Isla Jabalí

En la misma se mapearon las resistividades correspondientes a las unidades acuíferas, coincidente con los paquetes resistivos de los Grupos IV, V y VI. Estos pueden atravesar o estar incluidos en diferentes unidades hidroestratigráficas, situación frecuente en zonas de llanura y costera donde no hay un horizonte que claramente funcione como un límite físico para el movimiento del flujo subterráneo (como paquetes arcillosos, por ejemplo).

En la Isla Jabalí los niveles saturados o acuíferos locales estarían estrictamente contenidos en la Unidad 1 correspondiente a arenas medias a finas de origen eólico y la Unidad 2 correspondiente a los niveles gravosos. Ambos en conjunto constituyen un acuífero de dos capas sin un horizonte de material litológico fino (arcillas o limos) que funcione de barrera poco permeable entre ellos. Por esta razón se propone considerarlos como un paquete sedimentario que suele explotarse en conjunto constituyendo un complejo acuífero, al que en lo sucesivo nos referiremos como *Complejo Acuífero San Blas*.

5.5.1 - Perfiles hidroestratigráficos

A partir de las distinciones realizadas y sobre la base de los datos litológicos de las captaciones existentes se procedió a realizar un perfil hidroestratigráfico tipo para la Isla Jabalí (Figura 5.6).

Los niveles acuíferos están contenidos en las Formación Punta Villarino de tipo psamítica y la Formación San Antonio de tipo psefítico. Lateralmente a esta unidad se encuentran los niveles acuitardos/acuícludos correspondientes a niveles paleoalbuféricos. Estos apoyan sobre un paquete de arenisca y arcillas muy consolidadas de escasa permeabilidad. La falta de muestras de fondo dificulta la interpretación, no obstante sobre la base de la información regional y como no se mencionan ni describen fósiles en los datos de fondo de pozo, cabe considerarlos como niveles atribuibles a la Formación Río Negro que se encuentra en el registro del subsuelo de la región y también aflorante al sur del área de estudio (Etcheverría, Folguera y Dal Molín, 2006). Consideraremos a esta unidad el basamento hidrogeológico local.

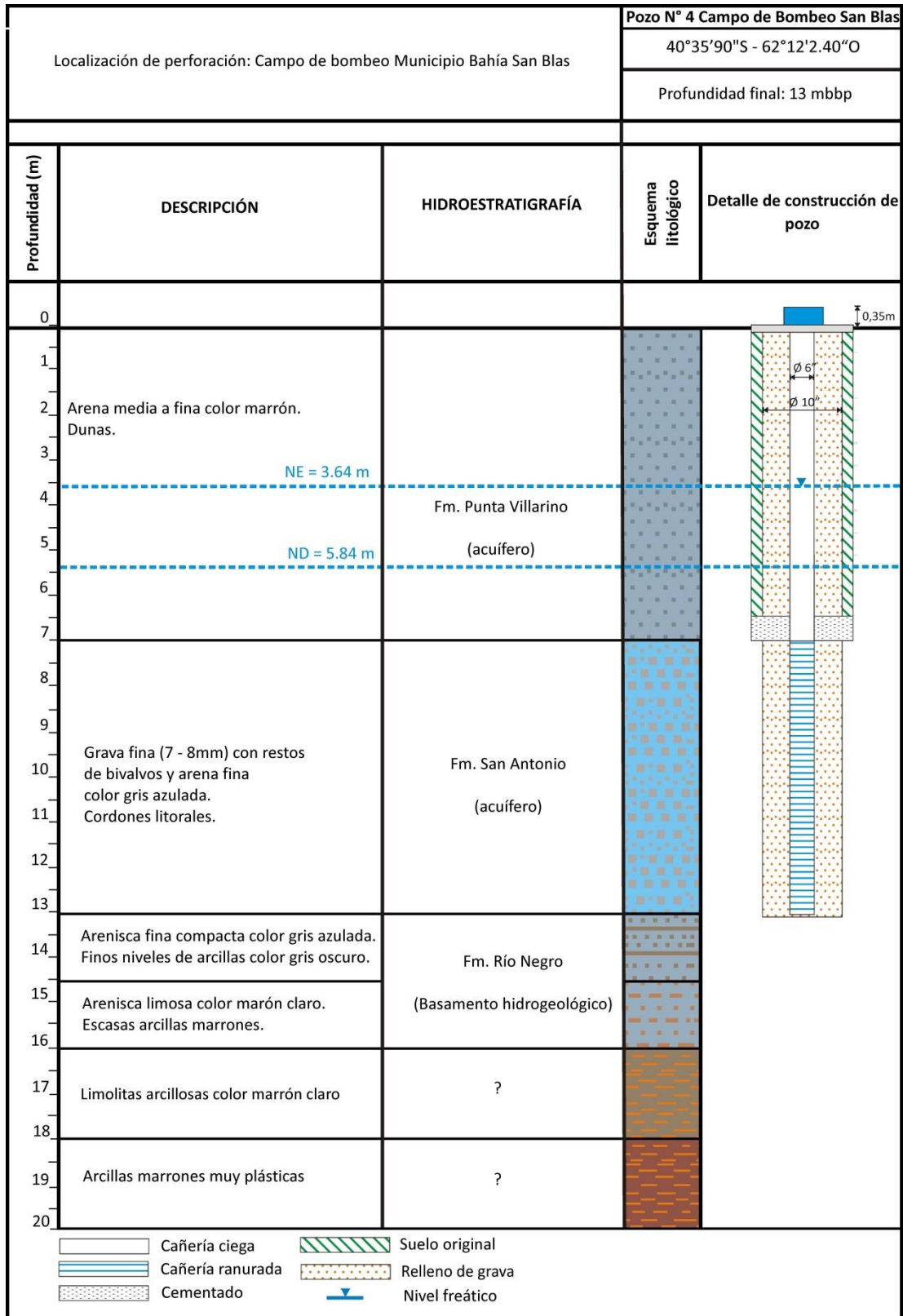


Figura 5.6: Perfil hidroestratigráfico a partir de captación N°4 y datos geoelectricos (ver Anexo IV)

Para ilustrar más adecuadamente las variaciones laterales de la hidroestratigrafía de la isla se confeccionaron tres cortes hidroestratigráficos en distintos sentidos para obtener mayor representatividad (Figura 5.7).

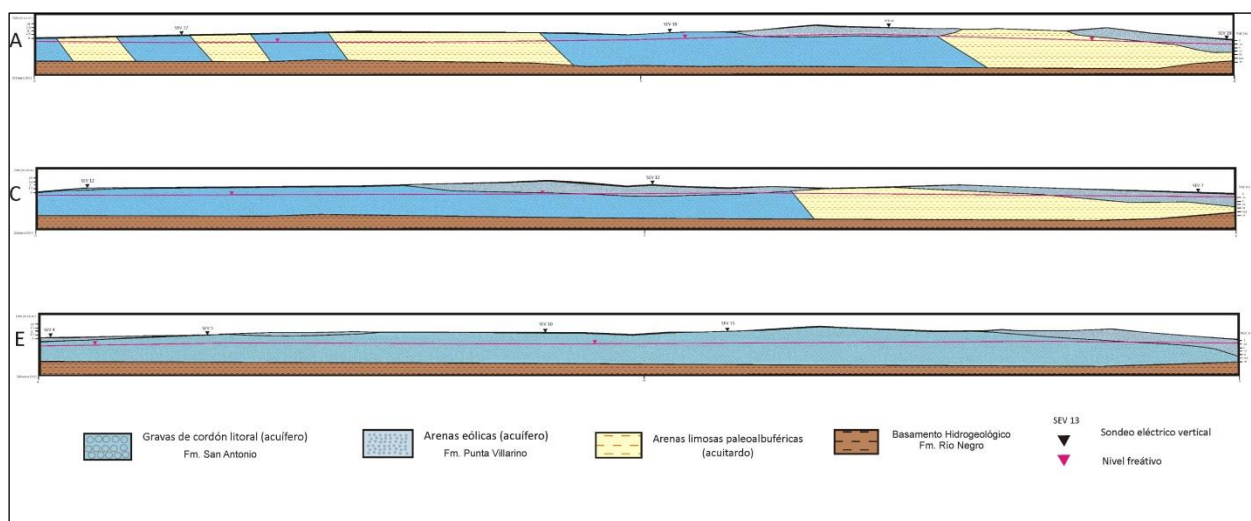


Figura 5.7: Cortes hidroestratigráficos de la Isla Jabalí (Ver Anexo IV)

Sobre la base de esta propuesta hidroestratigráfica, a pesar de las evidentes variaciones incluiremos esta zona a la Subregión X, Región Patagónica (INCyTH, 1984; Santa Cruz Silva Busso, 1999).

5.6–Hidrodinámica

5.6.1 – Censo de pozos

La sistematización e interpretación de la información recopilada en las perforaciones realizadas preexistentes permitieron un muestreo sistemático de la región. La preparación de este inventario de captaciones resume la información tomada de las captaciones relacionadas con el Complejo Acuífero San Blas permitiendo un conocimiento más abarcativo de las características regionales del acuífero. Para ello se realizó en Agosto del 2011 el censo de pozos de la tabla 5.5.

Pozo	Tipo de captación	Longitud	Latitud	Cota (msnm)	NE (m.b.b.p)
1	Molino	62°14'25.90"O	40°32'48.70"S	3,0	3,6
2	Villa	62°14'25.20"O	40°33'1.71"S	6,5	6,0
3	Molino	62°14'19.70"O	40°33'8.90"S	7,5	7,4
4	Molino	62°14'46.60"O	40°32'53.50"S	7,5	6,7
5	Villa	62°14'31.10"O	40°33'9.50"S	8,0	6,7
6	Dato	62°17'35.79"O	40°32'20.83"S	5,5	5,4
7	Piezómetro	62°14'40.10"O	40°33'40.60"S	5,0	4,2
8	Piezómetro	62°14'21.40"O	40°33'6.70"S	7,0	5,0
9	Aljibe	62°14'15.60"O	40°32'59.30"S	3,5	3,5
10	Villa	62°14'12.30"O	40°33'8.70"S	7,0	6,7
11	Piezómetro	62°14'9.50"O	40°33'5.70"S	5,0	2,3
12	Villa	62°13'38.90"O	40°34'19.00"S	4,0	2,5
13	Piezómetro	62°12'7.50"O	40°35'32.20"S	4,0	2,6
14	Villa	62°13'40.90"O	40°34'0.20"S	6,0	3,3
15	Piezómetro	62°13'42.20"O	40°33'52.10"S	6,0	4,2
16	Molino	62°13'45.80"O	40°33'50.90"S	6,0	5,4
17	Piezómetro	62°14'26.50"O	40°33'5.60"S	7,5	6,5
18	Molino	62°18'10.80"O	40°32'13.40"S	5,0	4,8
19	Aljibe	62°16'11.00"O	40°32'21.90"S	5,0	3,6
20	Piezómetro	62°14'46.20"O	40°32'38.10"S	3,0	3,7
21	Molino	62°15'23.50"O	40°32'44.00"S	5,6	4,0
22	Molino	62°13'49.00"O	40°35'33.00"S	4,3	2,8
25	Sumergible	62°12'6.60"O	40°35'5.60"S	3,5	3,0
26	Sumergible	62°12'11.70"O	40°35'5.20"S	7,5	3,1
27	Sumergible	62°12'6.20"O	40°35'1.90"S	6,0	3,0
28	Sumergible	62°12'3.10"O	0°35'5.40"S	4,5	3,9
29	Sumergible	62°11'58.40"O	40°34'58.70"S	4,0	4,5
31	Piezómetro	62°15'10.30"O	40°32'36.00"S	7,0	5,2
32	Piezómetro	62°14'59.00"O	40°32'41.50"S	8,0	5,9
35	Molino	62°12'14.30"O	40°34'32.30"S	6,5	5,4
36	Molino	62°11'5.10"O	40°35'1.80"S	4,0	2,0
37	Aljibe	62°15'58.10"O	40°32'17.20"S	5,0	3,3
38	Bomba sapo	62°13'5.00"O	40°33'30.10"S	2,5	2,7
39	Villa	62°13'27.90"O	40°33'46.70"S	7,5	4,2
40	Villa	62°13'32.10"O	40°33'43.70"S	7,5	5,5
41	Villa	62°13'5.30"O	40°34'9.40"S	7,0	4,4
42	Molino	62°12'13.40"O	40°36'37.80"S	3,5	2,5
43	Villa	62°11'57.40"O	40°36'32.60"S	2,5	1,5
44	Molino	62°12'9.40"O	40°37'28.10"S	2,5	3,2
45	Molino	62°11'44.10"O	40°37'3.80"S	3,5	1,5
46	Molino	62°15'11.60"O	40°32'51.20"S	7,0	4,8
47	Villa	62°15'27.60"O	40°32'51.20"S	1,0	2,8
48	Villa	62°13'28.70"O	40°33'19.70"S	3,5	3,0
49	Centrifuga	62°13'37.00"O	40°33'19.70"S	4,0	2,1
50	Villa	62°13'37.90"O	40°33'17.90"S	3,5	3,0
51	Villa	62°13'56.50"O	40°33'8.60"S	3,0	3,7
52	Villa	62°13'58.20"O	40°33'8.60"S	3,5	3,2

53	Villa	62°13'58.40"O	40°33'8.60"S	3,5	3,9
57	Villa	62°14'19.80"O	40°33'13.40"S	8,0	5,6
58	Villa	62°13'18.20"O	40°33'21.50"S	1,5	2,7
59	Villa	62°13'45.50"O	40°33'15.10"S	3,5	3,0
60	Molino	62°13'50.30"O	40°33'59.40"S	6,0	8,0
61	Villa	62°13'51.00"O	40°34'3.20"S	6,0	3,6
62	Villa	62°14'9.70"O	40°33'47.30"S	6,0	5,1
63	Villa	62°14'13.40"O	40°33'40.40"S	6,0	5,1
64	Piezómetro	62°14'47.40"O	40°33'52.30"S	3,5	2,5
65	Villa	62°13'46.60"O	40°33'31.20"S	7,0	5,4
66	Villa	62°13'44.10"O	40°33'35.20"S	6,0	5,8
67	Villa	62°13'53.90"O	40°33'42.40"S	6,0	6,0
68	Villa	62°14'27.30"O	40°33'34.20"S	6,0	4,4
69	Villa	62°13'51.20"O	40°33'41.90"S	5,5	5,5
71	Villa	62°13'56.70"O	40°33'14.50"S	5,0	3,9
72	Aflorante	62°13'6.60"O	40°34'53.10"S	7,6	0
73	Piezómetro	62°13'50.20"O	40°34'39.00"S	3,0	2,7
74	Molino	62°14'7.20"O	40°34'1.70"S	5,0	5,2
75	Bomba sapo	62°10'51.90"O	40°34'42.80"S	1,0	2,0
76	Villa	62°14'6.30"O	40°33'3.70"S	3,0	4,4
77	Molino	62°14'21.70"O	40°35'4.90"S	5,0	3,2

Tabla 5.5: Censo de pozos Isla Jabalí. Agosto del 2011

Esta campaña de medición en boca de pozo de niveles estáticos puede considerarse adecuada para el alcance de este estudio ofreciendo una densidad de 1 punto de observación cada 0,45km² que aunque es elevada, lo que favorece la representatividad es que su distribución se concentra en sitios habitados como ocurre normalmente en estos casos. Cabe mencionar que la metodología de toma de muestras, para lectura en boca de pozo, está condicionada, entre otros factores, por las características de la captación o punto de sondeo. La misma fue llevada a cabo con sonda piezométrica con una precisión de 1mm (Figura 5.8).

La toma de niveles se realizó a lo largo de una semana en época invernal (Agosto del 2011 a lo largo de la segunda semana). Se tomaron datos de nivel en todas las captaciones donde esto fue posible, tanto en zona urbana como rural. Se midieron niveles estáticos en los pozos del campo de bombeo de Bahía San Blas y se ensayó el pozo N°4 de dicha locación.

Con el fin de corroborar si existía o no un control mareal de los niveles estáticos del complejo acuífero, se midió el mismo durante un ciclo de mareas completo (bajamar-pleamar-bajamar). El régimen de mareas para el área es mixto, preponderantemente semidiurno. El primero de ellos (Pozo 1) se encuentra ubicado a 80 metros de la línea de costa, a una cota de 3 msnm., con un nivel estático de 3,6 m.b.b.p., prácticamente coincidente con el nivel medio del mar. El segundo (Pozo 2) se

ubica 400 metros de la línea de costa, a 7 m.s.n.m. y con un nivel estático de 6 m.b.b.p. (figura 5.9). En la tabla 5.6 se observan los niveles medidos.

Pozo	Marea	Hora	Nivel estático
1	Alta	16:40	3,44
1	Baja	23:15	3,33
1	Alta	05:15	3,43
1	Baja	11:20	3,40
1	Alta	17:20	3,42
2	Alta	16:50	6,38
2	Baja	23:25	6,38
2	Alta	05:20	6,38
2	Baja	11:30	6,38
2	Alta	17:25	6,38

Tabla 5.6: control mareal del nivel estático

Observando los datos de la tabla 5.3 se corroboró que existe control mareal del nivel estático del Complejo Acuífero al menos en las proximidades de la línea de costa. Esto da lugar a la posibilidad que por sectores (o al menos hacia el norte de la isla), no exista límite físico en la base del acuífero, sino uno netamente asociado al contraste de salinidad. Como era de esperarse, en el pozo de control topográficamente más elevado y más lejano a la línea de costa no se observó dicho control.



Figura 5.8: Campaña de niveles, censo de pozo en captaciones preexistentes



Figura 5.9: Ubicación de las captaciones donde se monitoreó el control mareal

5.6.2.-Alturas Piezométricas

La altura piezométrica es la altura que alcanza la columna de agua del acuífero libre o semilibre en un lugar y tiempo determinados (González et.al., 1986). El objetivo de su medición es determinar la distribución regional de las presiones del acuífero, determinar sus gradientes hidráulicos y complementar la información relacionada con la hidráulica de las unidades acuíferas del sistema. Esta es la que se emplea para determinar la piezometría del Complejo Acuífero San Blas, mediante la cual se realizan los mapas piezométricos.

Representatividad de censo de pozo

Los valores de presión, al igual que los restantes en boca de pozo, pueden ser más o menos representativos de las unidades acuíferas, pero en todos los caso son representativos del Complejo Acuífero San Blas (CASB) produciendo en conjunto.

Cualitativamente, a partir de un análisis simple de la información presentada, esta diferencia entre los valores de presiones de carga y descarga, en última instancia se corresponde con los niveles piezométricos. Esta diferencia está en relación con la proximidad entre ambas y el gradiente

hidráulico se relacionará con las características hidrogeológicas de las unidades acuíferas y su equilibrio de presiones.

Debe considerarse que en las perforaciones de toda la isla se explota toda la columna acuífera del CASB. Dada la falta de un adecuado diseño de captaciones es difícil saber que horizontes se explotan específicamente en cada pozo. Ha sido útil conocer la profundidad de los mismos que permite inferir que horizonte estaría bajo explotación, no obstante existen las oscilaciones registradas que se explicarían sobre la base de estas diferencias constructivas. En particular cada captación o pozo posee valores que por las características de ocurrencia, estratigrafía y diseño de captación (atendiendo las restricciones expuestas) determinan la representatividad de las mediciones.

En síntesis los valores de presión de recarga - descarga de las captaciones censadas pueden considerarse más representativos del sistema acuífero CASB que de sus acuíferos independientes.

5.6.3 - Mapa Hidrogeológico

A partir de los datos de niveles estáticos obtenidos durante el censo de pozos, junto con la geología y geomorfología relevada, se generó un mapa hidrogeológico escala 1:40000, con base topográfica del IGM, conforme proyección Gauss Krugger (faja IV) de la zona de estudio (ver anexo IV). En el mismo se detallan los principales acuíferos, sus respectivas isopiezas y direcciones de flujo subterráneo. Así mismo se destacan los puntos de sondeo como así también los focos de potencial contaminación del Complejo Acuífero.

Para comprender el comportamiento y continuidad del acuífero en profundidad se adjuntan al pie de la hoja hidrogeológica, tres cortes hidroestratigráficos de la Isla. Acompaña también la carta, un mapa de conductividad, para dar noción de calidad del agua subterránea.

El gradiente hidráulico y las direcciones de flujo pueden observarse en el Mapa Hidrogeológico del área de estudio (ver Anexo IV) a partir de las curvas isopiézicas y las principales líneas de flujo. A nivel más regional presenta un manto piezométrico radial divergente cuyos flujos se distribuyen desde el centro de la isla hacia sus costas. Como en otras regiones costeras debe considerarse a este flujo como la resultante regional de la relación recarga - descarga, conscientes de que existen flujos subterráneos de menor alcance que pueden establecer condiciones hidrodinámicas locales en ambientes o zonas de interduna o intercodones, pero que no es posible representarlos cartográficamente dada la escala de detalle empleada y la densidad de información.

Se determinaron valores de gradiente hidráulico (∇i) del orden de $2,5 \cdot 10^{-3}$ a $8 \cdot 10^{-3}$. Si se considera la distancia comprendidas entre las isocurvas de 0,5 y 2,5 m.s.n.m., el valor del gradiente regional se aproxima a $5 \cdot 10^{-3}$. Estos valores de gradiente son bajos pero frecuentes en áreas costeras (Sala y Kruse, 1983).

5.7- Parámetros hidrogeológicos del Acuífero San Blas

5.7.1 – Porosidad total

Se eligieron 3 muestras representativas de los materiales que conforman el Complejo Acuífero San Blas; geomorfológicamente coincidentes con depósitos de terrazas de acumulación marina, dunas y paleoalbéferas. Se procedió a saturarlas en agua para luego colocarlas dentro de un recipiente cúbico (volumen constante) donde se comprimió el material hasta eliminar el líquido sobrenadante. Se pesó el material húmedo (P_h). Luego de secadas las muestras se registró nuevamente su peso (P_s). Relacionando entonces el peso del material húmedo con la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco obtenemos la Porosidad total (m) de la muestra (ecu. 5.1).

$$m (\%) = \frac{P_h}{P_h - P_s} \times 100 \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

Fm. San Antonio (Terraza II)

La muestra representativa de esta unidad es la **PC-1**, y corresponde a un cordón litoral arenoso en la base del perfil aflorante en la Cantera San Blas. Mediante el procedimiento mencionado anteriormente se obtuvo un valor de Porosidad total **$m=35\%$** .

Paleoalbéferas

Se tomó la muestra **1** para representar los depósitos paleoalbuféricos de la isla. El análisis arrojó una Porosidad total **$m=50\%$**

5.7.2 – Porosidad Eficaz

The graph plots Specific Yield (Y-axis, 0 to 40 percent) against D_{50} (X-axis, 0.01 to 100 millimeters) on a semi-logarithmic scale. A series of curves are shown, each representing a different porosity value, ranging from 12% to 45%. The curves generally show that specific yield increases with D_{50} and porosity. A legend indicates that the curves are for 'Muestras' (Samples) PC-1 (red), PB-1 (green), and 1 (yellow). Vertical dashed lines of corresponding colors are drawn at D_{50} values of approximately 0.05 mm (yellow), 0.08 mm (green), and 0.1 mm (red). Horizontal dashed lines of the same colors are drawn at specific yield values of approximately 20% (yellow), 21.5% (green), and 29.5% (red). The intersection of these lines defines the D_{50} values for each sample.

80

5.7.3 – Permeabilidad

Utilizando la Formula de Hazen y datos de la curva granulométrica asociada a cada una de las muestras se obtuvo la permeabilidad intrínseca (k_0) (ecuación 5.2):

$$k_0 = c \cdot d_e^2 \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

donde c es una constante y d_e es el diámetro equivalente, que Hazen identifica con el valor de d_{10} (percentil 10) de la curva de frecuencias acumuladas (ver anexo I). En este caso se utilizó $c=100$ ya que el margen de variabilidad más usual es entre 90 y 120 (Cedergren, 1967, en Custodio y Llamas 1983). En la tabla 5.7 se resumen los valores obtenidos:

Unidad	Porosidad total (m)	d ₅₀ (mediana)	Porosidad eficaz (m _e)	d ₁₀ (finos)	Permeabilidad (k ₀)
Fm. San Antonio	40%	0,16 mm	22%	0,022 cm	0,048 cm/s
Paleoalbúferas	50%	0,05 mm	20%	0,008 cm	0,0064 cm/s
Fm. Punta Villarino	45%	0,18 mm	29%	0,025 cm	0,063 cm/s

Tabla 5.7 Valores de Porosidad total, porosidad eficaz y Permeabilidad

Una vez obtenidos los valores de Permeabilidad (k_0) se clasificaron las muestras según las “Clases de terrenos de Bredding” (Bredding 1963, en Custodio y Llamas 1983). Se exponen los resultados de la clasificación en la tabla 5.8:

Unidad	Georforma	Permeabilidad según Hazen	Clase	Clase de acuífero	Clase de permeabilidad
Fm. San Antonio	Cordón litoral arenoso	0,048 cm/s	4	Regular	Media
Paleoalbúferas	Paleoalbúfera	0,0064 cm/s	8	Muy pobre	Muy Pequeña
Fm. Punta Villarino	Duna inactiva	0,063 cm/s	3	Regular a Buena	Media a alta

Tabla 5.8: Muestras clasificadas en Clases de Bredding (1963)

Con la intención de validar estos resultados por diferentes métodos para fortalecer el análisis también se clasificaron las muestras según lo propuesto por Villanueva e Iglesias (1984) cuyos resultados se detallan en la tabla 5.9 arrojando resultados muy similares a lo previsto por Hazen por lo que pueden darse por representativos.

Muestra	Georforma	Permeabilidad	Posibilidades de acuífero	Clase de permeabilidad
Acuífero Fm. San Antonio	Cordón litoral arenoso	0,048 cm/s	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica	Alta (Acuífero)
Acuitardo Paleoalbéfera	Paleoalbéfera	0,0064 cm/s	Pozos entre 1 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica	Media a baja (Acuitardo)
Acuífero Fm. Punta Villarino	Duna inactiva	0,063 cm/s	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica	Alta (Acuífero)

Tabla 5.9: Muestras clasificadas según Villanueva e Iglesias (1984)

Los resultados obtenidos para la permeabilidad de los distintos términos del Complejo Acuífero San Blas se enmarca dentro de lo esperado, definiendo a las arenas y gravas de la Fm. Punta Villarino y la Fm. San Antonio, respectivamente, como acuíferos. Quedan definidos también los niveles paleoalbuféricos como acuitardos.

Resulta interesante remarcar que estos valores de permeabilidad fueron solo obtenidos a partir del análisis del material sedimentario que compone cada nivel de interés. Se verá en el capítulo siguiente que a partir de métodos de hidráulica de acuíferos se arribó a conclusiones similares.

Capítulo 6 - Hidráulica del Complejo Acuífero San Blas

6.1 - Ensayos de bombeo

6.1.1 - Metodología y tipos de ensayos de bombeo

Un ensayo por bombeo puede servir para dos objetivos principales. En primer lugar, se pueden hacer para determinar las características hidráulicas de acuíferos (ensayo a caudal constante) o decapas que transportan agua. A tal tipo de ensayo se le suele llamar un test de acuífero ya que lo estudiado, más que la bomba o el pozo, es el acuífero en sí mismo. Cuando se planifica correctamente y se lleva a cabo cuidadosamente un ensayo de este estilo puede proporcionar información básica para la solución de muchos problemas regionales, así como locales, sobre el flujo del agua en el acuífero.

El procedimiento de un test de pozo (caudal variable), por el contrario, con fines de determinar los caracteres físicos de la captación, es algo menos complicado que en el caso anterior ya que no se necesitan piezómetros. Únicamente se miden la descarga y el descenso del nivel del agua en el pozo de bombeo. Debido a los altos costos de los tests de acuíferos y a que generalmente los fondos disponibles son limitados, en muchos estudios regionales sobre el agua en el suelo, debe restringirse el número de estos ensayos (Kruseman y De Ridder, 1975).

El ensayo de bombeo (test de acuífero) es el conjunto de operaciones que se realiza bombeando un pozo continuamente y observando sistemáticamente la depresión de los niveles dentro del pozo y preferentemente también en otros pozos de observación, y su recuperación. Permite determinar los parámetros hidráulicos del acuífero, para estudios de manejo del mismo.

Como ya se dijo, el mismo puede realizarse a caudal constante o puede realizarse de manera escalonada. En el caso de estudio solo se realizó un ensayo a caudal constante. Dado los bajos caudales de explotación (entre 3 y 5 m³/h), realizar ensayos escalonados resulta complejo. Con bombas eléctricas la única forma de reducir el caudal es cerrando la brida de paso generando reflujo de agua en el pozo. Esto trae aparejadas más pérdidas de carga que las que realmente tiene el pozo por diseño, obteniendo entonces datos erróneos sobre su funcionamiento y el comportamiento del acuífero.

Es importante conocer las diferencias de carga de bombeo, ya sea por variaciones estacionales del nivel estático, descenso del nivel dinámico por sobrebombeo o por interferencia con otros pozos. También se deberá tener en cuenta las pérdidas de carga o por fricción.

6.1.2 - Elección de captación y método de ensayo

Al entrar en mayor detalle sobre la organización general de un test de acuífero, el primer punto a discutir es el lugar donde se hará el citado ensayo. En ciertos casos, dicho lugar está predeterminado y no hay posibilidad de cambiar a otro (más apropiado). Esto sucede cuando, por ejemplo, se deben utilizar pozos ya existentes o cuando se piden los factores de formación de un lugar en concreto, como en este caso. En el caso de estudios regionales uno debe de ser más o menos libre para elegir el lugar más apropiado. Para seleccionar dicho lugar para el test de acuífero, se deben de tener en cuenta los siguientes puntos:

- ✓ Las condiciones hidrogeológicas del lugar no deben cambiar en distancias cortas y deben de ser representativas del área bajo estudio o de una gran parte de ella.
- ✓ Es preferible no elegir un lugar cerca de vías férreas o de autopistas ya que al circular trenes y tráfico pesado se pueden producir fluctuaciones medibles del nivel piezométrico de acuíferos confinados.
- ✓ El agua extraída en el bombeo se debe descargar de forma que no vuelva al acuífero.
- ✓ El gradiente de la capa de agua o del nivel piezométrico debe de ser bajo
- ✓ Los encargados del ensayo y el equipo puedan llegar al lugar fácilmente.

Obviamente, una elección cuidadosa del lugar del ensayo evitará muchas dificultades durante la evaluación de los datos obtenidos. La Isla Jabalí presenta las mejores condiciones en el campo de bombeo, donde además los pozos han sido diseñados, (algo difícil de determinar en el resto de las captaciones) lo que mejora la representatividad de la información y la cercanía de las captaciones o freáticos preexistentes que permite emplear algunos como pozos de observación. Por esta razón se eligió la zona del campo de bombeo.

6.2 - Ensayo de bombeo a caudal constante

Se eligió el pozo Nº 8 de la batería de bombeo de la localidad de Bahía San Blas como pozo de bombeo (Figura 6.1). Se utilizó un freático ubicado a 4,85 m del mismo como pozo de observación donde se registraron niveles a lo largo del ensayo. Además cuenta con la ventaja de

estar cerca del Pozo N°4 empelado como paramétrico y de geología conocida. En las siguientes tablas (tabla 6.1 y 6.2) se resumen las características de ambas perforaciones.



Figura 6.1: Ubicación de los Pozos de Bombeo N° 4 y 8.

Pozo de bombeo (Pozo N°4)	
Profundidad (m)	20
Espesor acuífero (m)	6,5
Nivel estático (m.b.b.p)	3,57
Prof. Columna de bombeo (m)	7
Caudal de bombeo (m3/h)	5,14
Tipo de filtro	Acero Galvanizado
Abertura filtro (mm)	0,75
Longitud ranurado (m)	5

Tabla 6.1: Características de diseño del pozo N°4

Pozo de bombeo (Pozo N°8)	
Profundidad (m)	13
Espesor acuífero (m)	7
Nivel estático (m.b.b.p)	3
Prof. Columna de bombeo (m)	7
Caudal de bombeo (m ³ /h)	3,6
Tipo de filtro	Acero Galvanizado
Abertura filtro (mm)	0,75
Longitud ranurado (m)	5
Dist. Al pozo de obs. (m)	4,85

Tabla 6.2: Características de diseño del pozo N°8

Pozo de observación	
Profundidad (m)	12,7
Espesor acuífero (m)	7
Nivel estático (m.b.b.p)	3
Caudal de bombeo (m ³ /h)	3,6 (en pozo N°8)
Tipo de filtro	PVC ranurado
Abertura filtro (mm)	1
Longitud ranurado (m)	5

Tabla 6.3: Características de diseño del pozo de observación

El pozo N° 8 se bombeo con un caudal constante de 4,6 m³/h a lo largo de 24 hs. y registrándose un nivel estático de (N.D.) de 3.00 m.b.b.p. Desde el comienzo se tomaron niveles minuto a minuto durante los primeros 10 minutos de ensayo. Luego se espaciaron las tomas a 5 minutos hasta los 30 minutos. Y así, siguiendo una escala logarítmica se midió hasta obtener un valor estable de N.D. completando un total de 24 horas de ensayo.

Los niveles dinámicos y depresiones observadas se volcaron en la siguiente tabla (tabla 6.4)

Tiempo (min.)	Nivel Dinámico (m.b.b.p.)	Depresión (m)
1	3,15	0,15
2	3,3	0,3
3	3,4	0,4
4	3,42	0,42
5	3,42	0,42
6	3,42	0,42
7	3,43	0,43
8	3,43	0,43
9	3,43	0,43
10	3,43	0,43
15	3,43	0,43
20	3,43	0,43
25	3,43	0,43
30	3,43	0,43
40	3,43	0,43
60	3,43	0,43
90	3,43	0,43
120	3,43	0,43
180	3,43	0,43
240	3,43	0,43
300	3,43	0,43
360	3,43	0,43
600	3,43	0,43
720	3,43	0,43
1080	3,43	0,43
1440	3,43	0,43

Tabla 6.4: Datos de ensayo tomados en pozo de observación.

6.2.1 – Interpretación del ensayo de bombeo a caudal constante

El método de interpretación consiste en un método de resolución gráfica sobre la base de curvas patrón que se comparan con la curva de descenso versus tiempo del ensayo realizado. Se superpone la parte requerida de la curva tiempo-descenso sobre la familia de curvas propuestas por diferentes autores para distintos tipos hidráulicos de acuíferos. Manteniendo los ejes de coordenadas paralelos, se busca por tanteo la posición en que su parte izquierda se ajusta a la parte izquierda de una de las curvas tipo. Luego se busca la posición en la que la parte derecha de la curva se ajusta a la parte derecha de la curva tipo y de nuevo se elige un punto de encaje.

Considerando las características geológicas del acuífero se buscó ajuste con aquellos patrones de curvas empleados para interpretar la hidráulica de acuíferos libres (Theis, 1935; Neumann, 1972) y semilibres Neumann (1974) siendo este último el que proporcionó mejor ajuste.

La respuesta hidráulica del acuífero puede interpretarse adecuadamente en el modelo hidráulico para acuíferos semilibres, ajusto aún mejor con el ábaco de curvas previsto para penetración parcial (Neumann, 1974). Esto nos hace suponer es probable esperar algún aporte infrayacente a pesar del aparente grado de consolidación de la F. Río Negro. El método se puede usar considerando las siguientes premisas, que se consideran satisfechas durante el ensayo:

- ✓ El flujo de agua hacia el pozo es en régimen variable
- ✓ El diámetro del pozo es pequeño, es decir, se puede despreciar el almacenamiento en el pozo.
- ✓ El nivel del agua en los freáticos desciende continuamente.

En la figura 6.2 se observa el mejor ajuste posible para la curva obtenida a partir de las depresiones (s) en función del tiempo de bombeo (t). El valor de transmisividad **T= 112,94 m²/d** es esperable para un acuífero semilibre. El valor de almacenamiento **S= 0.014** es coherente con lo esperado para un acuífero libre/semilibre.

La permeabilidad del nivel acuífero se relaciona con la transmisividad y el espesor según:

$$T = k b$$

Donde:

T: Transmisividad (m²/d)

K: Permeabilidad del nivel acuífero (m/d)

b: Espesor del acuífero (m)

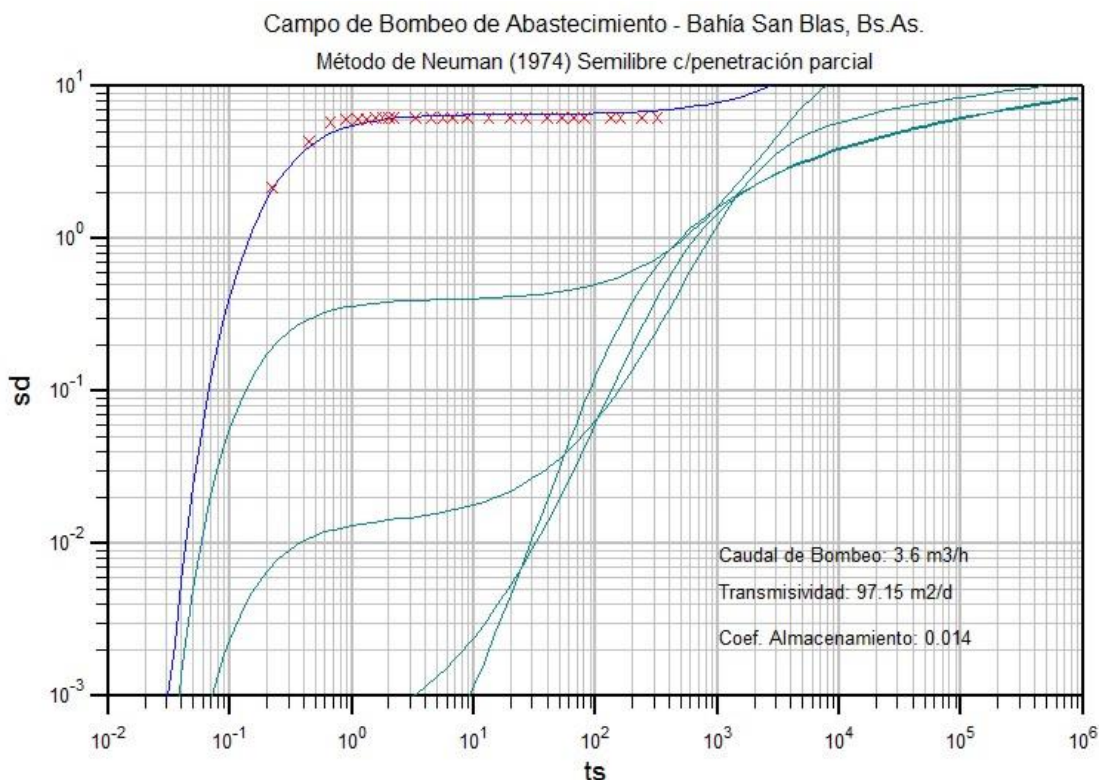


Figura 6.2: Curva de campo vs. curva teórica (Neumann, 1974)

Considerando que un espesor máximo de acuífero de 7m y una Transmisividad de 112,94 m²/d y a partir de la aplicación de la ecuación propuesta se obtiene un valor de **K** para la capa acuífera de 16,13 m/d o 0,019 cm/s.

Se puede observar que la permeabilidad obtenida con este método se encuentra dentro del orden de magnitud de los valores de permeabilidad obtenidos para los acuíferos por Hazen (Tablas 5.2 y 5.3). Esto por un lado valida el método utilizado en el apartado 5.5 y de la misma forma sustenta los datos de hidráulica obtenidos. A pesar de la litología presente, que cualitativamente haría esperar transmisividades más elevadas, estos resultados son coincidentes con los estimados litológicamente y es posible que el espesor de las unidades acuíferas y sus variaciones laterales sean una condicionante en su productividad. La ausencia de más pozos de observación ha impedido determinar el radio de influencia de los pozos, dado que en acuíferos semilibres y semiconfinados no puede calcularse y solo puede medirse empíricamente. No obstante, realizando algunas consideraciones tomadas de Villanueva e Iglesias, (1984) si consideramos que se alcanzó el régimen permanente, que un acuífero semilibre es un caso particular del acuífero libre, que la corrección de Dupuit es despreciable (0.008m para el piezómetro), podríamos

emplar la siguiente fórmula tomada de dichos autores (op.cit.) para acuíferos confinados o libres en régimen permanente (método de Thiem).

$$d = 0.366 * (Q/T) * \log (R/r)$$

Donde:

d: Depresión final (m)

R: Radio de influencia del bombeo (m)

T: Transmisividad (m²/d)

Q: Caudal de ensayo (m³/d)

r: Distancia al pozo de observación (m)

Operando matemáticamente y despejando la incógnita R, considerando el caudal del ensayo en 86,4 m³/d; una transmisividad de 112,94 m²/d; una depresión de 0,43m, la ecuación queda expresada como:

$$r * 27,12 = R$$

Considerando una distancia al pozo de observación (r) de 4,85 m el resultado es un radio de influencia de 131,54 m. Este puede considerarse un poco extenso, pero las depresiones involucradas serían menores a 0,4 m, lo que determina una geometría de cono de ápice poco profundo y gran extensión, más típico de acuíferos libres.

6.3 - Ensayo de Aforo a caudal constante y régimen permanente sin pozo de observación

El ensayo de aforo a caudal constante sin pozo de observación es un caso particular de los ensayos escalonados, solo que aquí se hace un único escalón que es el llamado caudal de aforo. Consiste en un lapso de tiempo de bombeo en el que se efectúan las mediciones correspondientes al ensayo en el pozo de bombeo a régimen variable para determinar si es posible estabilizar los niveles. Una vez estabilizados se considera que se ha alcanzado el régimen permanente y se emplean las depresiones finales para el cálculo de parámetros. Debe considerarse que la falta de pozo de observación impide físicamente la determinación de los parámetros del acuífero, por lo tanto, se harán algunas inferencias sobre el comportamiento del mismo que deberán ser

comprobadas en lo sucesivo con el uso de piezómetros de observación. No obstante, dada la cercanía de las captaciones y la homogeneidad local del medio acuífero, el ensayo del Pozo N°8 servirá de guía en este análisis.

Se propone una estimación de la Transmisividad (T) empelando el método de simplificado de Logan (1964) (Ecuación 6.1) aconsejado para flujo en régimen permanente en acuíferos semiconfinados. Según la expresión de Logan (1964) se obtienen valores de transmisividad a la cual se le aplican las correcciones propuestas en la ecuación por el propio Logan (1964) (Ecuación 6.2) para aquellos acuíferos que se sospechen libres o semilibres:

$$T = 1.22 \times \left(\frac{Q}{d_{correg}} \right) \times 24 \quad (\text{Ecuación 6.1})$$

$$d_{correg} = d - \frac{d^2}{e} \quad (\text{Ecuación 6.2})$$

Donde:

T: Transmisividad (m²/d)

Q: Caudal (m³/h)

e: Espesor acuífero (m)

d: descenso (m)

d_{corr}: descenso corregido (m) por Dupuit

Se utiliza la corrección de Dupuit ya que el acuífero de estudio tiene características de libre/semilibre. Bajo estas condiciones el flujo hacia la captación no es netamente radial, sino que existen componentes verticales del mismo. Se Esta corrección minimiza estos efectos.

6.3.1 - Resultados del ensayo de aforo en el Pozo N°8

Considerando un espesor medio del acuífero de 7 m, un caudal diario de 3,6 m³/h, una depresión de 1,45 m y corregida de 1,15 m, se infiere una transmisividad de **91,6 m²/d**, dato razonable dada las características del acuífero determinadas a caudal constante. En la figura 6.3 se muestra la evolución del ensayo.

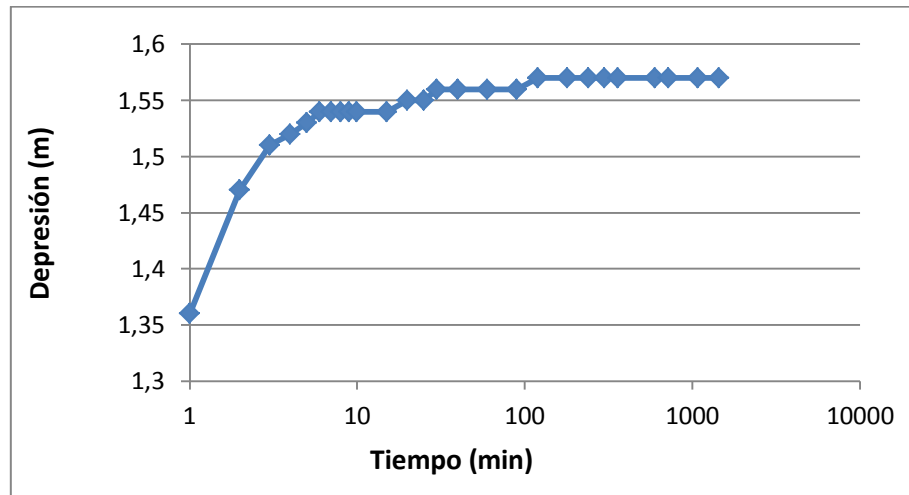


Figura 6.3: Ensayo de aforo Pozo N°8

Considerando que un espesor máximo de acuífero de 7 m y una Transmisividad de 91.6 m^2/d y a partir de la aplicación de la ecuación propuesta se obtiene un valor de **K** para la capa acuífera de 13,09 m/d o 0,015 cm/s.

6.3.2 - Resultados del ensayo de aforo en el Pozo N° 4

Considerando un espesor medio del acuífero de 7 m, un caudal diario de 5,14 m^3/h , una depresión de 1,57 m y corregida de 1,35 m, se infiere una transmisividad de **123,3 m^2/d** , dato razonable dada las características del acuífero. En la figura 6.4 se muestra la evolución del ensayo.

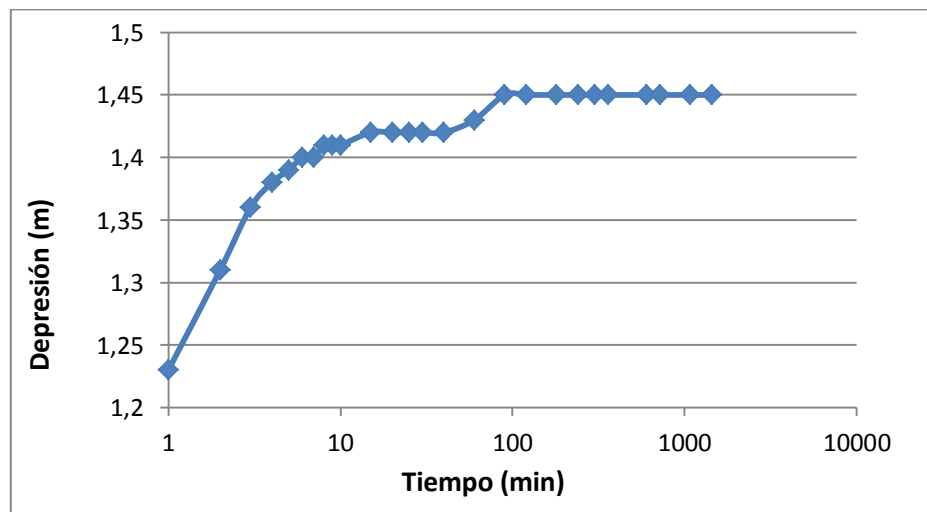


Figura 6.4: Ensayo de aforo Pozo N°4

Considerando que un espesor máximo de acuífero de 7 m y una Transmisividad de 123,3 m²/d y a partir de la aplicación de la ecuación propuesta se obtiene un valor de **K** para la capa acuífera de 17,62 m/d o 0,02 cm/s.

6.4 - Ensayo de recuperación

Un aspecto interesante y útil de la hidráulica de pozos en régimen variable es el estudio de la recuperación del nivel de agua en un pozo después del cese de su bombeo.

Para realizar el ensayo se eligió el pozo N°8 ya que este fue el último en haber sido bombeado. Se tomaron niveles cada 1 minuto los primeros 10 minutos, luego cada 5 minutos, hasta alcanzar los 20 minutos, donde se recuperó el nivel estático original. Los niveles observados se volcaron en la siguiente tabla (tabla 6.5):

Tiempo (min)	Depresión (m)
1	0,17
2	0,15
3	0,12
4	0,09
5	0,07
6	0,06
8	0,05
9	0,04
15	0,02
20	0,01

Tabla 6.5: Evolución de la recuperación en el pozo N°8

6.4.1 - Resultados del ensayo de recuperación en el Pozo N°8

Para interpretar los datos obtenidos a partir del ensayo de recuperación y obtener un valor de Transmisividad (*T*) que caracterice el acuífero se utilizó la siguiente expresión (en Villanueva e Iglesias, 1984):

$$T = 0.183x \left(\frac{Qx24 \text{ h/d}}{m} \right)$$

Donde,

Q =Caudal de bombeo previo (m^3/d)

m =pendiente de la recta que mejor ajusta la curva depresión vs. $t+t_r/t$

Considerando un caudal de bombeo de $3.6 \text{ m}^3/h$ y la pendiente $m=0,14$ obtenida a partir de la figura 6.5 se infiere una transmisividad de **$112,93 \text{ m}^2/d$** , dato razonable dadas las características del acuífero determinadas en el ensayo a caudal constante.

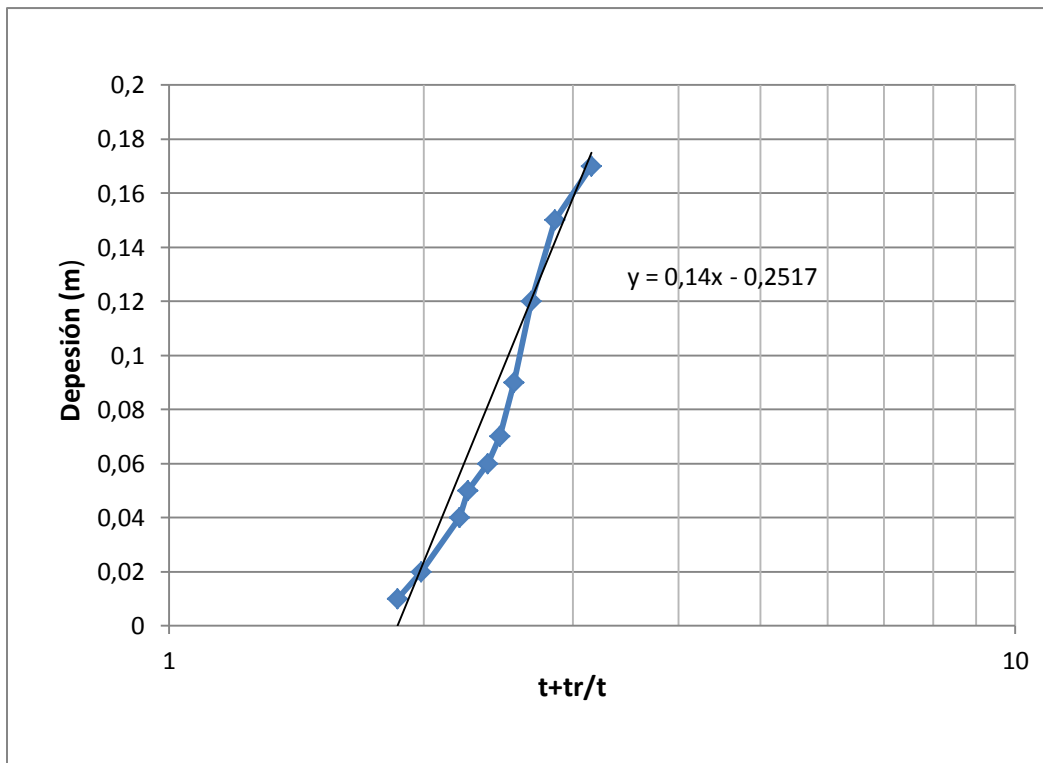


Figura 6.5: Ensayo de recuperación. Relación Depresión vs. tiempo

Considerando que un espesor máximo de acuífero de 7 m y una Transmisividad de $112,93 \text{ m}^2/d$ y a partir de la aplicación de la ecuación propuesta se obtiene un valor de **K** para la capa acuífera de $16,13 \text{ m/d}$ o $0,019 \text{ cm/s}$.

6.5 – Determinación cualitativa de las pérdidas de carga

Las pérdidas de carga en una captación constituyen todos aquellos fenómenos que ocurren en la misma y que conducen a que no toda la energía de bombeo se aproveche para la explotación del recurso. Es un concepto asociado al de eficiencia de un pozo en el sentido de aprovechamiento del recurso y que se define como el cociente entre la depresión teórica y la depresión real. Las pérdidas de carga pueden producirse lejos del pozo (a consecuencia de la circulación de agua en el acuífero) o en el pozo a consecuencia del ingreso del agua al mismo.

En el pozo se pueden deber a tres razones hidrodinámicas, el rozamiento del agua en la grava del prefiltro, el rozamiento del agua en las ranuras del filtro y el ingreso turbulento de agua al pozo por mal cálculo o diseño de sus elementos constitutivos (Custodio y Llamas, 1983).

Villanueva e Iglesias, (1984) propone un método cualitativo de evaluación que consiste en graficar los caudales específicos vs. la depresión en cada escalón de bombeo o ensayo de aforo. La figura 6.6 muestra las interpretaciones posibles de las diferentes curvas que pueden obtenerse empíricamente que expresan: 1) Acuífero confinado sin pérdidas de carga; 2) Acuífero libre sin pérdidas de carga; 3) Acuífero con pérdidas de carga no lineales y 4) Curva anómala, datos mal tomados o acuitardo.

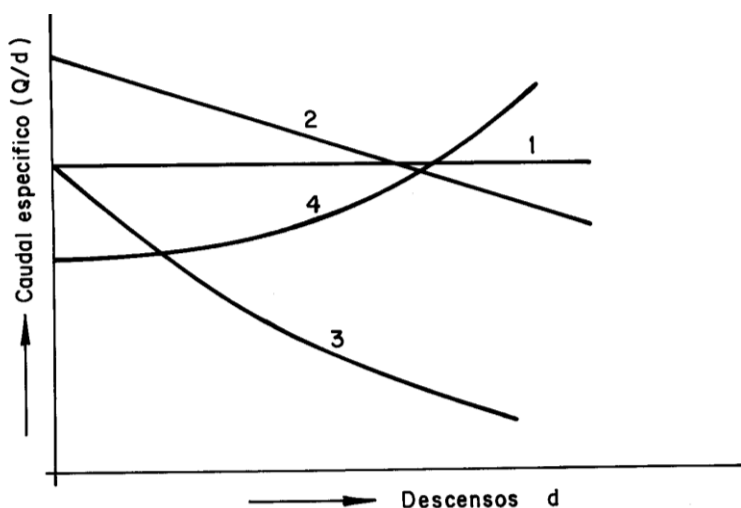


Figura 6.6: Análisis cualitativo de pérdidas de carga. Relación Caudal específico vs. Descenso

En las figuras 6.7 y 6.8 se observan las curvas de caudal específico vs. descensos para las captaciones 4 y 8. Estas arrojan caudales específicos promedio de $2,03 \text{ m}^3/\text{h.m}$ para el Pozo 4 y de $2,91 \text{ m}^3/\text{h.m}$ para el Pozo 8.

Los gráficos caudal específico vs. descenso de ambos pozos muestran una curva prácticamente recta de pendiente negativa asimilable. Las mismas muestran una correlación lineal muy elevada de prácticamente 1. Serían asimilables al tipo 2 del grafico propuesto por Villanueva e Iglesias, (1984). Esto puede interpretarse un acuífero libre sin pérdidas de carga o insignificantes como pasa frecuentemente a bajos caudales. Esto es razonable considerando que se trata de un acuífero semilibre, que es el caso especial de acuíferos libres con rendimiento diferido. Dado que el flujo en el pozo ha tenido características laminares se concluye que los $4.6 \text{ m}^3/\text{h}$ ensayados son adecuados y están por debajo del caudal máximo de la captación. Los rendimientos alcanzarían así el 100% en ambos pozos, lo que determinan que la representatividad de los resultados hidráulicos calculados es la mejor posible de alcanzar con estos métodos. La interpretación final es que el caudal de $4.6 \text{ m}^3/\text{h}$ está por debajo del máximo y es sin duda sostenible, las pérdidas de carga son despreciables y la eficiencia es del 100% a los fines prácticos.

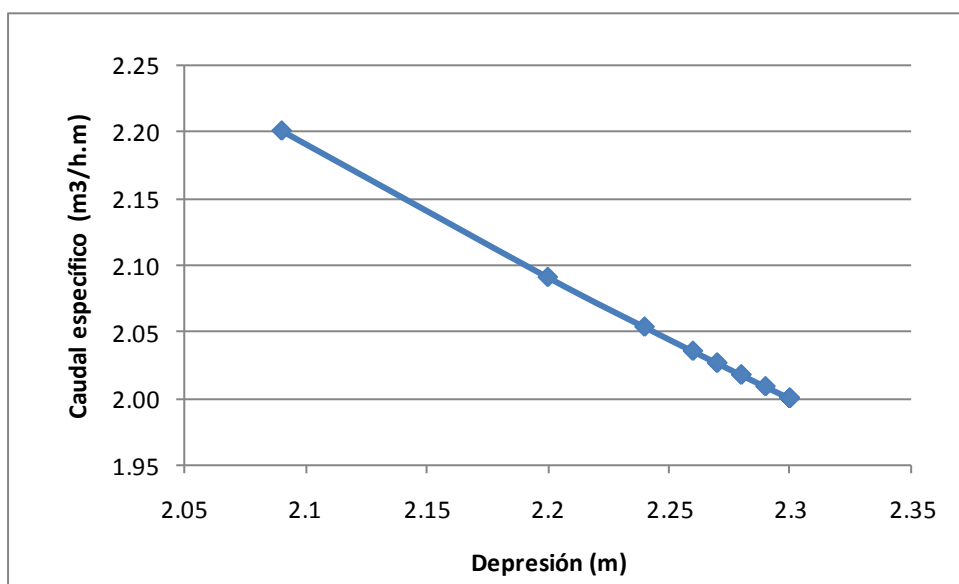


Figura 6.7: Análisis de las pérdidas de carga en el Pozo 4

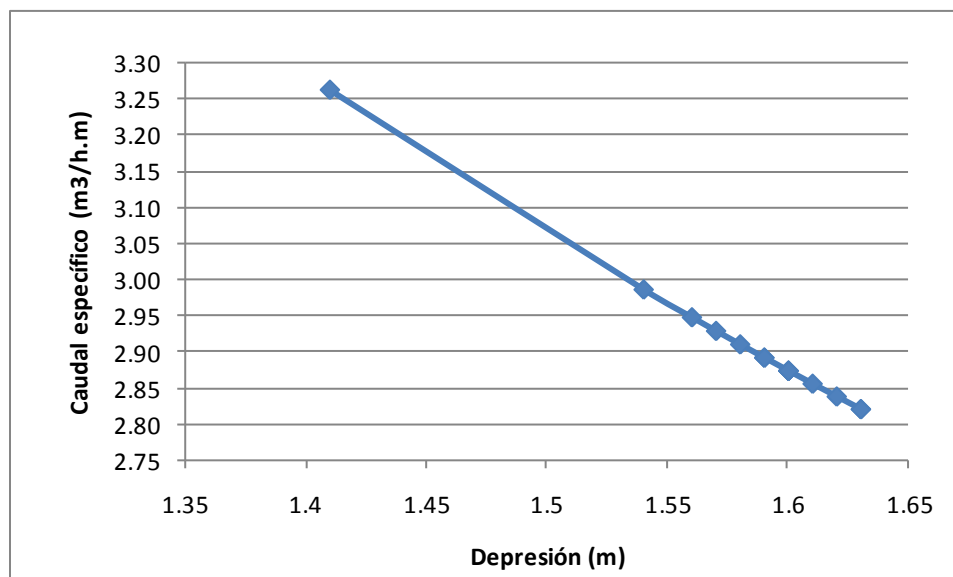


Figura 6.8: Análisis de las pérdidas de carga en el Pozo 8

6.6 – Velocidad de Darcy y Velocidad real de flujo subterráneo

La estimación de la velocidad a la que se mueve el flujo subterráneo resulta de vital importancia para evaluar casos de contaminación de acuíferos. La interconexión de canalículos en le materia poroso y permeable permite el movimiento del flujo en cualquier dirección que puede no coincidir con la dirección megascópica. Este flujo intragranular tiene una velocidad diferente de la resultante del flujo y es la denominada Velocidad real de flujo.

La componente megascópica del flujo es al dirección regional resultante de los recorridos microscópicos es normalmente la que se estudia en hidrodinámica e hidráulica de acuíferos y se grafica en mapas piezométricos o redes de flujo. Esta es la denominada velocidad de Darcy. La figura 6.9 representa ambos conceptos.

Dada la fragilidad del ambiente en el que se enmarca el área de estudio, resultó necesario exponer estos parámetros dado que ambos forman parte del ingreso de datos (input) en numerosos modelos numéricos de contaminación y diseño de plumas contaminantes.

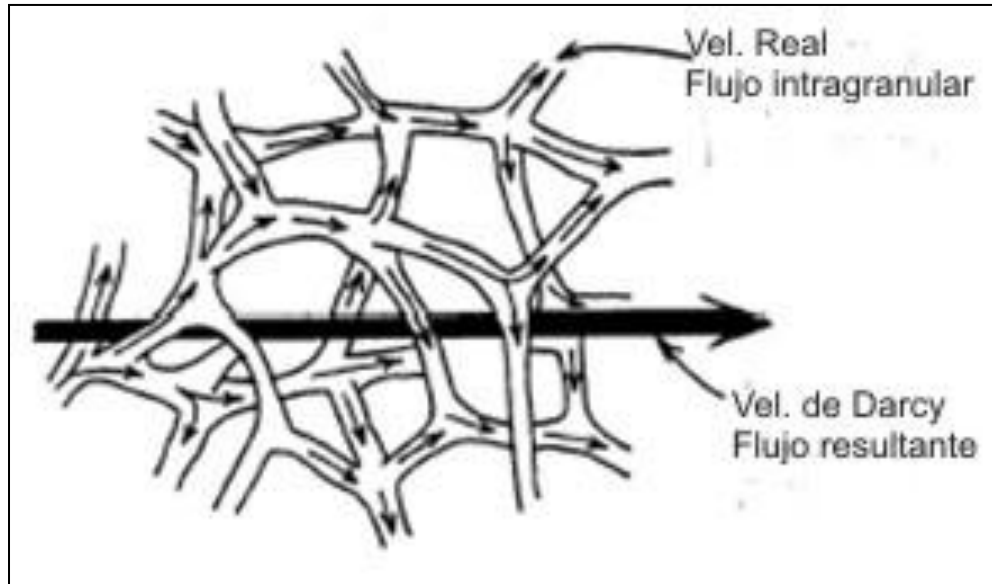


Figura 6.9: Velocidades de flujo en acuíferos clásticos

Calculo de la velocidad de Darcy

La velocidad de Darcy es el producto de la permeabilidad (K) y el gradiente hidráulico (i).

$$V_d = K \cdot i$$

En este caso toma un valor de $V_d = 9.10^3 \text{ m/h}$

Calculo de la Velocidad real de flujo

La velocidad real de flujo subterráneo se obtiene de la relación entre la Velocidad de Darcy (V_d) y la porosidad efectiva (ϕ_m)

$$V_r = v / \phi_m \text{ (velocidad de real de flujo)}$$

Se obtuvo un valor de Velocidad real del flujo subterráneo de $V_r = 3.6.10^2 \text{ m/h}$

6.7 – Resumen de los aspectos hidráulicos

Se confirma que se trata de un sistema acuífero clástico Semilibre que ha ajustado a las ecuaciones de Neumann (1974) con penetración parcial (lo que puede indicar un diseño incorrecto o cierto aporte de unidades infrayacentes), posee recarga vertical y espesores poco desarrollados que limitan su productividad.

Se observa que mediante los distintos ensayos de bombeo a caudal constante, con y sin pozo de observación y el ensayo de recuperación, se obtienen valores de transmisividad muy similares, o al menos del mismo orden de magnitud. Se estimó entonces una Transmisividad promedio para el Complejo Acuífero San Blas $T = 106,28 \text{ m}^2/\text{d}$ y un coeficiente de almacenamiento $S = 0,014$.

Se calcularon también valores de permeabilidad relacionando la transmisividad y el espesor saturado del Complejo acuífero. Se obtuvieron valores coherentes entre los distintos ensayos. A su vez los valores de permeabilidad obtenidos son del orden de los obtenidos por el método de Hazen en el capítulo 5. Esto funciona de alguna manera como validación de los métodos utilizados. Se obtuvo una permeabilidad promedio para el Complejo acuífero de $K = 0,018 \text{ m/d}$.

Las velocidades de flujo de Darcy calculadas son de $V_d = 9.10^{-3} \text{ m/h}$ y se obtuvo un valor de velocidad real del flujo subterráneo de $V_r = 3,6.10^{-2} \text{ m/h}$ determinando una relación de velocidad de 0.25 entre ambos flujos que es característico de acuíferos de buena permeabilidad (Custodio llamas, 1983). La ausencia de más pozos de observación ha impedido determinar empíricamente el radio de influencia de los pozos (que es el método sugerido) para acuíferos semilibres, pero se ha logrado una aproximación satisfactoria sugiriendo un radio de cono de depresión de **85m**.

A partir de la información tomada de estos ensayos se pudo determinar los siguientes parámetros hidráulicos correspondientes al Complejo Acuífero San Blas:

Lugar:	San Blas, Prov. de Buenos Aires
Sitio:	Batería de bombeo de abastecimiento
Fecha:	08/2011
Acuífero:	Complejo Acuífero San Blas
Tipo:	Semilibre
Caudal de bombeo	$4.6 \text{ m}^3/\text{h}$
Nivel estático:	3.64 m.b.b.p

Nivel dinámico (67.8m ³ /h):	4.27 m.b.b.p
Profundidad de la Bomba:	8 m
Tiempo de bombeo:	1440 min
Transmisividad:	106 m ² /d
Almacenamiento	0.014
Caudal específico:	2.47 m ³ /h.m

7– Hidroquímica del Complejo Acuífero San Blas

Se realizó en primer lugar una recopilación de datos de química de agua obtenidos por diferentes entidades entre el año 1985 y el 2010. Entre ellas datos del S.P.A.R. (Servicio Provincial de Agua Potable y Saneamiento Rural), tomados durante la instalación, puesta en marcha y control de las 2 baterías de pozos de bombeo presentes en la Isla Jabalí.

También se utilizaron análisis químicos realizados por la Cooperativa de aguas de Bahía San Blas en sus monitoreos habituales. Se incluyeron también los análisis realizados por Bonorino y Carrica (1991). (Ver Anexo). El propósito de esta inclusión es nuevamente hacer un análisis integrado de toda la información hidroquímica disponible.

7.1 - Toma de muestras

A lo largo de la realización del censo de pozos se tomaron muestras de agua en donde fue posible acceder al acuífero. El muestreo se realizó en freáticos, aljibes, pozos abandonados y cualquier punto de agua de acceso al mismo.

Para la toma de muestra se utilizó un muestreador de agua denominado Bailer que permite tomar muestras de aguas por inmersión en pozos y cuerpos de agua. El mismo consiste en un tubo de polipropileno de 1 metro de longitud con una trampa de agua en la parte inferior consistente en una bola que al bajar deja pasar el agua en su interior y al subir cierra el muestreador con el peso del agua de muestra.

Luego de asegurar su inmersión el dispositivo es izado a la superficie y se empuja la bola con un tubo vertedor de 5 cm de la cámara descargando el contenido directamente en el envase de muestra. Este procedimiento permite una carga de 1500cm³ de muestra. Es un dispositivo clásico de frecuente y fácil uso adecuado para muestras de especies mayoritarias.

Luego del proceso de toma se lavan tres veces los recipientes de muestra y finalmente se toma la muestra para la determinación paramétrica in situ en un vaso de precipitado plástico de PET inalterable de 50 cm³.

Donde la captación se encontraba en explotación (molinos, bombas sumergibles y de diafragma) las muestras se obtuvieron directamente por bombeo y se procedió al lavado de recipientes e instrumental directamente con las aguas de bombeo.

7.2 - Mapas isoquímicos

Para tener un panorama de la distribución de las concentraciones de los diferentes parámetros hidroquímicos en la Isla Jabalí se confeccionaron mapas de isocurvas de algunos parámetros hidroquímicos determinados *in situ*. Se ha optado por representar mapas de isoconductividad e iso-pH dado que estos son los que mejor representan las características del acuífero y permiten, junto con el análisis piezométrico, una rápida interpretación de la distribución de salinidades, áreas de recarga/descarga, cambios en las facies hidroquímicas, e incluso cambios litológicos.

7.2.1 - Mapa de Isoconductividad

Al llevar a cabo el censo de pozos se recolectaron muestras de agua y se midieron valores de conductividad ($\mu\text{S/m}$) *in situ*. Los datos obtenidos fueron volcados sobre la hoja hidrogeológica propuesta para la Isla (Figura 7.3). Los datos fueron interpolados por los métodos descriptos previamente para la confección cartográfica (ver 1.4).

Como es de esperar los gradientes de conductividad aumentan desde el centro de la Isla hacia los contornos de la misma. Es decir a medida que nos movemos desde las zonas topográficamente más altas hacia la línea de costa al Este, o hacia las márgenes del canal de marea hacia el Oeste, Norte y Sur.

Son varios los aspectos que pueden explicar este comportamiento. El más evidente tiene en cuenta los espesores de acuífero involucrados y la recarga. Los altos topográficos se concentran principalmente hacia el centro de la Isla Jabalí. Siendo la geomorfología el principal control de la geometría del acuífero, existe una relación sencilla que se verifica pozo a pozo. A mayor cota, mayor espesor de la capa acuífera y menores valores de conductividad (Ver mapa de Conductividad). Los altos coinciden con terrazas de acumulación marina, sistemas de dunas activas o inactivas, o una combinación de ambos depósitos. Esto le confiere un grado de permeabilidad medio a alto (0,04 a 0,07 cm/s), por lo que gran parte de lo que llueva pasa a ser recarga. Este aporte de agua dulce tiende a diluir el carácter salino heredado de los sedimentos continentales.

Otro efecto a tener en cuenta es el del spray marino que aporta partículas procedentes de la pulverización del agua de mar a los sedimentos de la Isla y afecta el territorio con mayor intensidad de Este a Oeste. En las zonas de recarga y mayor espesor de acuífero este efecto

tendería a ser menos efectivo. Hacia el límite Oeste de la Isla se observan depósitos paleoalbuféricos. Estos generalmente se encuentran saturados en agua de mala calidad que justifican los altos valores de conductividad. No obstante estos depósitos paleoalbuféricos en ocasiones son de poca potencia y suprayacen gravas de cordones litorales. Es decir que las captaciones allí instaladas probablemente solo tengan aporte de agua de los niveles inferiores de mejor calidad. Esto explica porque los límites de los diferentes campos geomorfológicos no coinciden necesariamente con las isolíneas de conductividad.

Se evidencia también al observar el mapa haciendo foco en la zona urbana de la Isla, como los valores de conductividad se disparan. Esto es una clara evidencia de salinización por sobrebombeo.

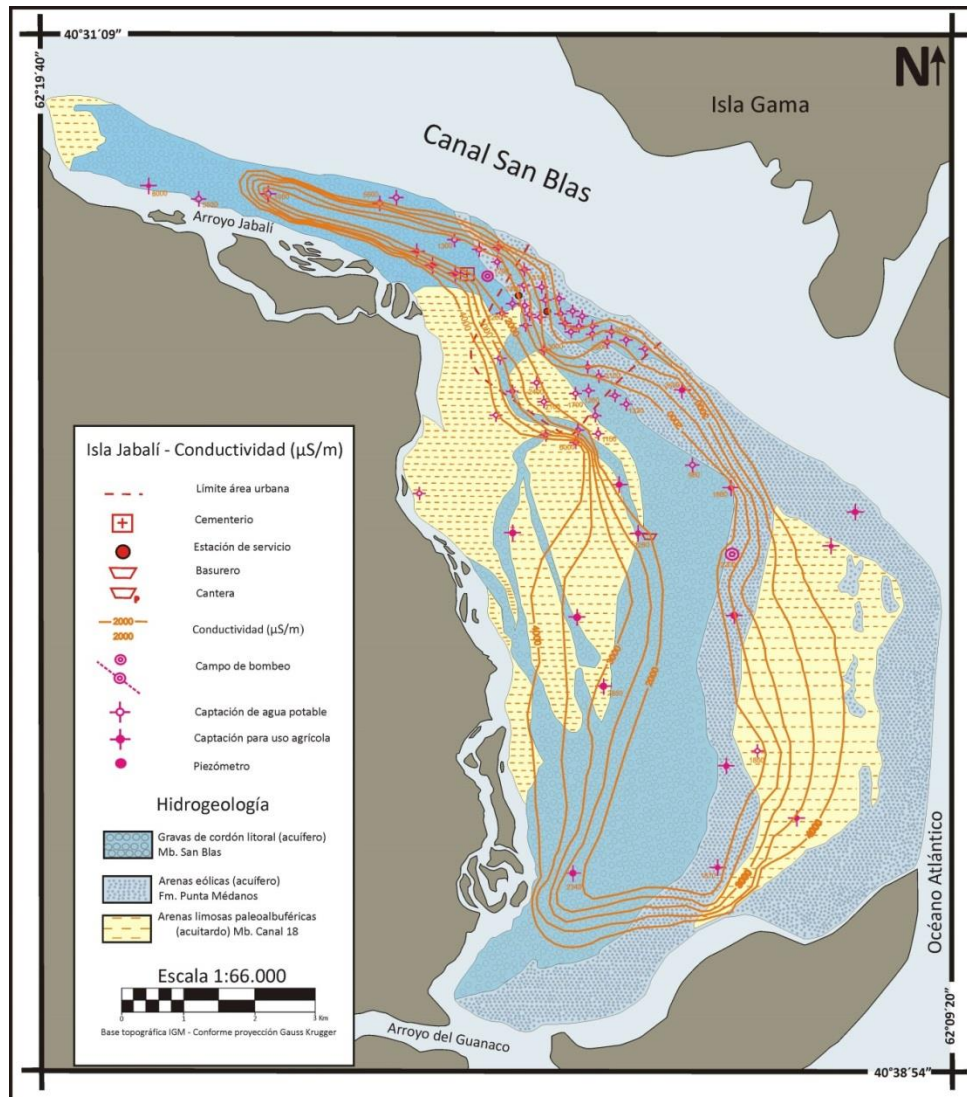


Figura 7.3: Mapa de Conductividad ($\mu\text{S/m}$) (Ver anexo IV)

Al Norte y Suroeste de la isla los límites en la base del acuífero contenido en los depósitos gravo-arenosos parecieran por sectores no ser físicos (no existirían litologías finas que los separen) sino netamente químicos. Es decir un horizonte dado por un contraste de salinidad, por ende de densidad. Es posible que al variar las alturas de marea también lo haga este límite (por lo menos en mareas extraordinarias) y se genere contaminación de los sedimentos con agua de mar. Al bajar el nivel de marea los sedimentos vuelven a ser ocupados por agua dulce. Este mecanismo podría explicar los valores de conductividad por encima de la media. Además son los más modernos de la Isla, por lo que su contenido en sales sea posiblemente más elevado que el de los sedimentos algo más antiguos.

7.2.2 –Mapa de Iso- pH

Del mismo modo que con la Conductividad, al realizar el censo de pozos se registraron en todos los casos donde esto fue posible valores de pH. Los datos obtenidos fueron volcados sobre la hoja hidrogeológica propuesta para la Isla (Figura 7.4)

El pH de las aguas subterráneas naturales varia generalmente entre 6.5 y 8, aunque puede encontrarse naturalmente entre 4 y 10 según Custodio Llamas, (1983) y excepcionalmente en la región pampeana puede variar entre 3 y 11 según Merino, (1988).

Podemos observar que la distribución de valores de pH es relativamente homogénea. Existe un leve gradiente de disminución del mismo desde el centro de la Isla hacia sus márgenes, entre 8,45 y 8,05. El importante contenido de carbonatos en forma de conchillas y fragmentos de las mismas estaría justificando la tendencia a pH levemente básicos. Las terrazas de acumulación marina, portadoras de los bioclastos, tienden a desarrollar mayor potencia en el núcleo de la isla; esta simple tendencia en si misma podría justificar el gradiente de pH.

La disminución del pH hacía la línea de costa también se puede explicar por el efecto del spray marino, que puede aportar a los sedimentos y eventualmente al freático sales neutras de cloruro, sulfato y magnesio (Santa Cruz et. al., 2004).

Hacia la margen oeste dominan los depósitos paleoalbuféricos. Estos de por si entrañan una firma química heredada del momento de su depositación. Es decir, concentraciones elevadas de cloruros principalmente, lo que tiende a disminuir los valores de pH.

Posiblemente los valores observados sean una consecuencia del efecto combinado de los factores mencionados.

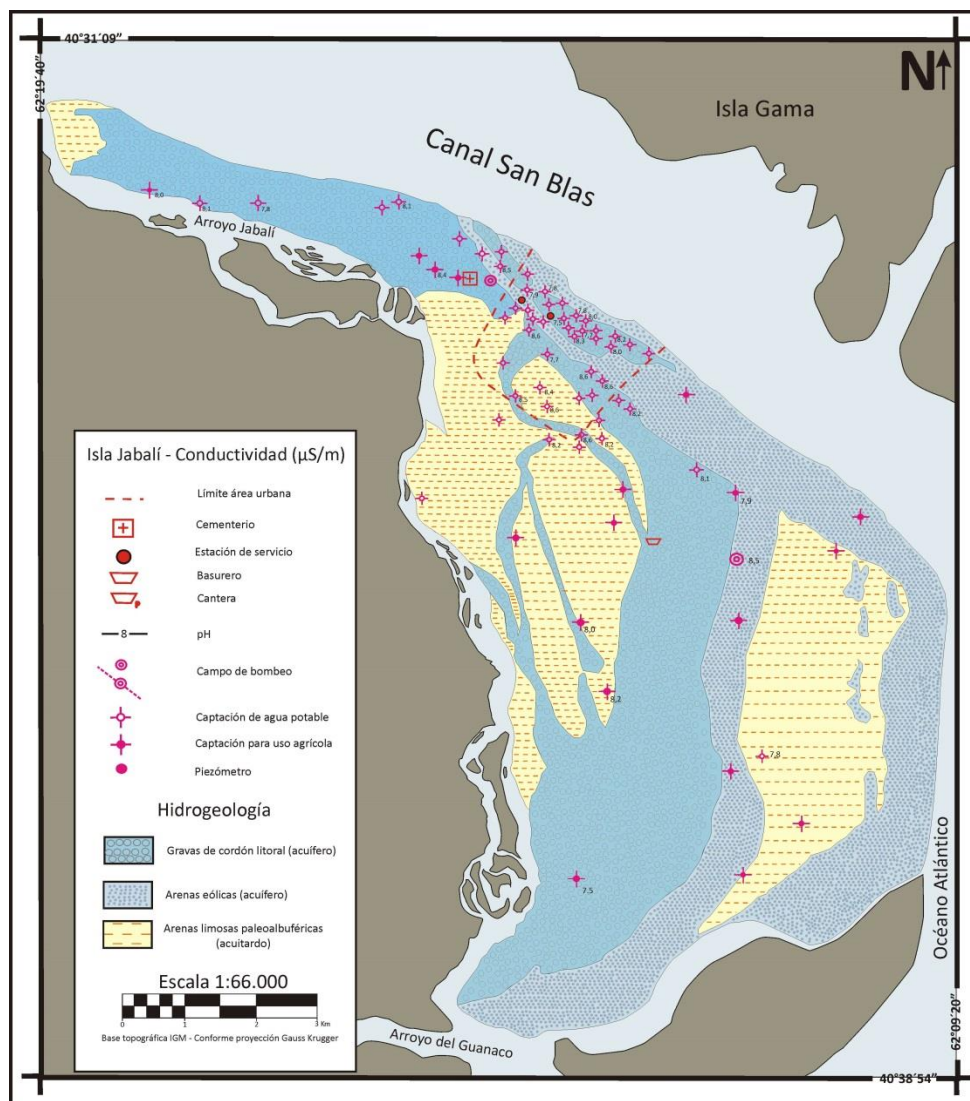


Figura 7.4: Mapa de pH (Ver Anexo IV)

7.3 - Análisis físico-químicos

Las determinaciones de pH y conductividad eléctrica se realizaron *in situ*, mediante un potenciómetro (pH metro manual de lectura digital) y dos conductivímetros modelos EC-1382A y EC-1383A marca HEPTA, con su escala calibrada para leer directamente conductividad. Los resultados se expresan en unidades de pH a la temperatura de 25°C, con una precisión de $\pm 0,05$ unidades y en $\mu\text{S}/\text{m}$ respectivamente.

Para los elementos mayoritarios, Flúor y Arsénico se utilizaron datos de análisis químicos del municipio de Bahía San Blas, el SPAR y datos de Bonorino y Carrica (1991).

Los resultados de los análisis físico-químicos realizados en el laboratorio se introdujeron en el programa INQUAS (Merino y Almudeno de la Losa, IGME, 2009) para clasificar las aguas y obtener los diagramas de Piper-Hill-Langelier que se observa en la figura 7.1 y permite clasificar las facies hidroquímicas o familias de aguas facilitando su interpretación.

A su vez estos resultados se utilizaron para realizar mapas de isoconcentración de los parámetros de interés, y así caracterizar su distribución y gradientes dentro del área de estudio.

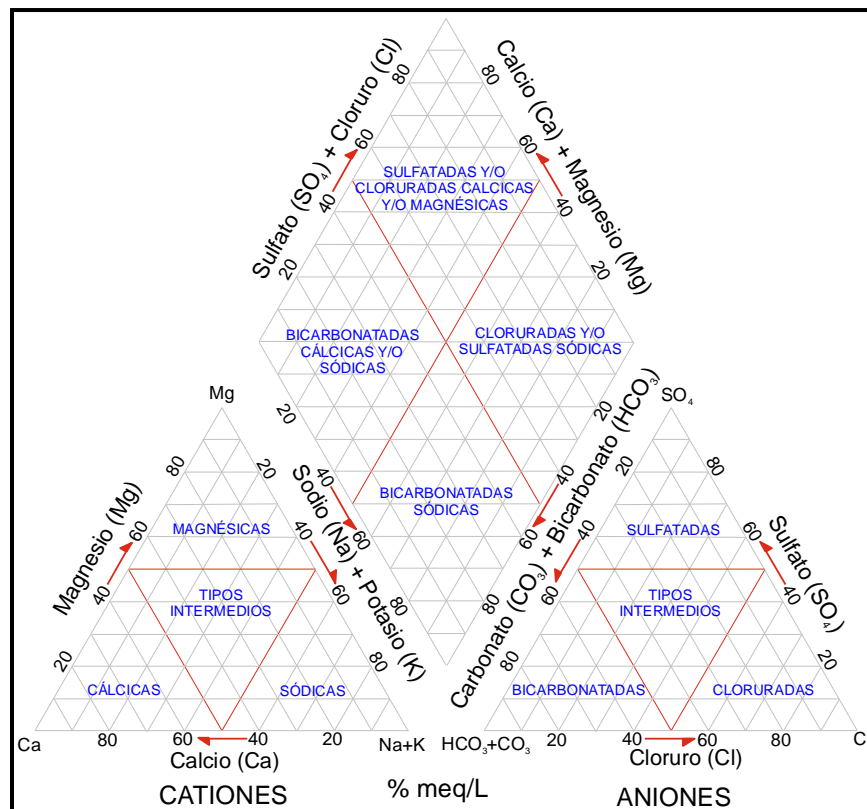


Figura 7.1: Detalle de los campos de clasificación del Diagrama Piper

7.2.1 - Constituyentes hidroquímicos principales o mayoritarios

En la tabla 7.1 se observan los constituyentes hidroquímicos principales o mayoritarios para las 24 muestras analizadas correspondientes al campo de bombeo de Bahía San Blas entre 1985 y 2010. Esta información está disponible en el anexo y se detallan aquí sus rangos estadísticos característicos (Tabla 7.2). En algunas muestras está ausente el dato de los parámetros de Na^+ y K^+ debe tenerse en cuenta que estos parámetros no son obligatorios para los protocolos de potabilidad, objetivo de gran parte de la información hidroquímica.

Pozo N°	Fecha	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3	Na	Mg	Ca	K	As	F	pH	C.E.	TSD
1	24/06/2002	460,00	110,00	4,43	168			31,00	16,00	10,00	0,85	2,40	6,90	1927,00	1330,00
2	22/07/1985	160,00	30,00	300,00	90,00	2,00				10,00	0,03	0,70	8,00		
2	24/06/2002	270,00	75,00	421,00	200,00	0,00		33,00	25,00	10,00	0,95	2,70	7,00	1316,00	940,00
2	03/01/2010	600,00	77,00	500,00	220,00	8,00	550,00	37,00	26,00	10,00	0,06	2,30	6,60	2240,00	1600,00
3	22/07/1985	206,00	45,00	215,00	250,00	120,00				10,00	0,03	0,50	7,50		
3	24/06/2002	318,80	42,50	474,43	273,8			38,00	30,50	10,00	0,02	2,40	7,14	1309,00	935,00
4	25/06/2002	220,00	55,00	340,00	200,00	0,00		34,00	24,00	10,00	0,07	1,50	6,70	1000,00	714,00
4	03/01/2010	185,00	70,00	405,00	170,00	18,00	245,00	30,00		10,00	0,03	1,40	7,90	1150,00	802,00
5	22/07/1985	131,00	36,00	170,00	175,00	7,00				10,00	0,03	0,75	7,60		
5	24/06/2002	250,00	74,00	391,00	857,00	14,00		28,00	14,00	10,00	0,11	1,90	7,00	1200,00	857,00
5	03/01/2010	240,00	40,00	400,00	110,00	9,00	310,00	21,00	8,00	10,00	0,06	1,70	8,40	1220,00	872,00
6	22/07/1985	259,00	21,00	235,00	115,00	2,00				10,00	0,02	0,40	7,80		
6	24/06/2002	210,00	71,00	410,00	200,00	13,00		37,00	18,00	10,00	0,11	1,50	6,80	1210,00	864,00
6	03/01/2010	285,00	60,00	540,00	220,00	8,00	350,00	40,00	20,00	10,00	0,08	1,40	8,20	1533,00	1095,00
7	22/07/1985	177,00	3,00	215,00	270,00	0,00				10,00	0,02	0,60	7,70		
7	24/06/2002	390,00	92,00	570,00	268,00	12,00		50,00	24,00	10,00	0,11	1,20	6,80	1780,00	
7	03/01/2010	430,00	70,00	540,00	270,00	8,00	443,00	52,00	20,00	10,00	0,07	2,00	8,00	1897,00	1355,00
7	09/03/2010	550,00	125,00	550,00	260,00	12,00	545,00	54,00	14,00	10,00	0,09	1,90	7,10	2289,00	1635,00
8	22/07/1985	213,00	43,00	210,00	360,00	50,00				10,00	0,02	0,30	7,50		
8	24/06/2002	250,00	68,00	350,00	168,00	17,00		31,00	16,00	10,00	0,85	1,70	6,70	1100,00	785,71
8	03/01/2010	650,00	50,00	430,00	190,00	8,00	548,00	30,00	26,00	10,00	0,04	1,60	8,00	2205,00	1575,00
9	03/01/2009	340,00	100,00	490,00	200,00	8,00	415,00	40,00	36,00	10,00	0,08	2,10	6,70	1701,00	1215,00
10	03/01/2010	380,00	75,00	490,00	220,00	6,00	416,00	31,00	36,00	10,00	0,03	2,20	6,90	1743,00	1245,00
10	04/01/2010	380,00	75,00	490,00	220,00	6,00	416,00	31,00	36,00	10,00	0,03	2,20	6,90	1743,00	1245,00

Tabla 7.1: Constituyente hidroquímicos principales para los pozos 1 a 10 del campo de bombeo de Bahía San Blas entre los años 1985 y 2010.

	Promedio	Mediana	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
pH (potenciométrico)	7,30	7,05	0,58	8,40	6,60
Conductividad (µS/m)	1355,25	1259,50	326,79	1927,00	1000,00
Sólidos disueltos (mg/l)	1263,90	1245,00	289,51	1635,00	802,00
CO3- (mg/l)	202,58	200,00	59,78	360,00	90,00
HCO3- (mg/l)	395,92	408,00	119,42	570,00	170,00
Cl- (mg/l)	312,33	264,50	141,29	650,00	131,00
SO4-2 (mg/l)	64,04	70,00	28,00	125,00	3,00
NO3- (mg/l)	7,61	8,00	5,37	18,00	0,00
Ca2+ (mg/l)	22,06	20,00	8,26	36,00	8,00
Mg2+ (mg/l)	35,61	32,00	8,77	54,00	21,00
Na+ (mg/l)	423,80	416,00	103,80	550,00	245,00
F (mg/l)	1,56	1,65	0,70	2,70	0,30
As (mg/l)	0,13	0,06	0,25	0,95	0,02

Tabla 7.2: Parámetros estadísticos característicos

7.3 - Clasificación Hidroquímica

7.3.1 - Diagrama de Piper-Hill-Langellier

Con el objetivo de definir a nivel local las características químicas de las aguas subterráneas de la unidad acuífera se utilizó la metodología del diagrama triangular de Piper-Hill-Langellier (Figura 7.1), que permite la presentación gráfica de los datos de las 24 muestras analizadas, observándose los iones predominantes en cada una de ellas y en el conjunto.

El diagrama de Piper tiene por principio el cruzamiento de las cantidades porcentuales de los tenores en meq/g de los cationes y aniones principales. Permite la presentación de varios parámetros en una combinación de dos diagramas triangulares, para aniones y cationes por separado, y uno en forma de rombo para mostrar la relación entre ambos grupos de aniones y cationes, donde las muestras son proyectadas como un punto en cada diagrama. Los resultados de la clasificación se muestran en la figura 7.2

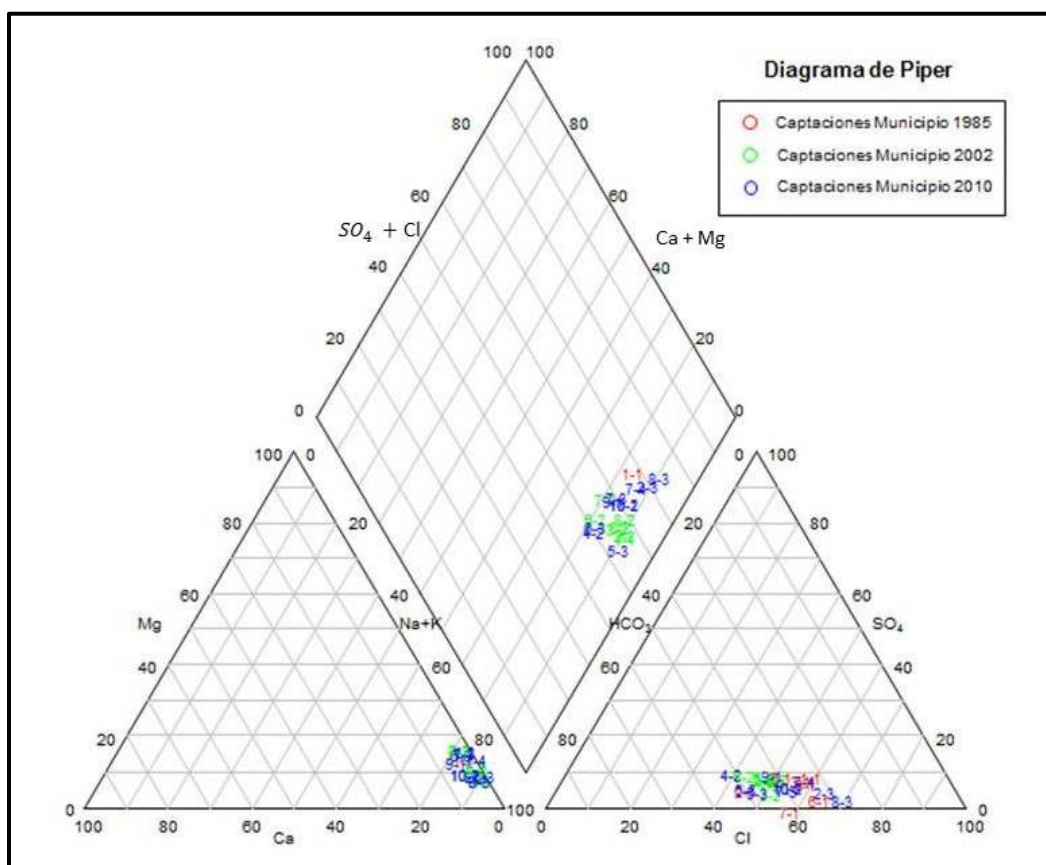


Figura 7.2: Diagrama de Piper-Hill-Langellier campo de bombeo San Blas

Las muestras de agua graficadas en el diagrama Piper corresponden a muestreos realizados por el SPAR (Servicio Provincial de agua potable y saneamiento rural) y el municipio de Bahía San Blas en todos los pozos del campo de bombeo de dicha localidad para los años 2002 y 2010. Se incluyen también una serie de muestreos del año 1985 realizados por Bonorino y Carrica.

Las aguas se clasifican según el diagrama como **aguas bicarbonatadas sódicas a aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas** (campos 4 y 3 de la figura 7.1 respectivamente).

En principio esta clasificación determina dos facies que bien podría corresponder a facies de recarga las bicarbonatadas sódicas, aspecto típico de la región pampeana (Santa Cruz et.al., 2004) y un segundo tipo cloruro sulfatado sódico más características de transito/descarga. Dada la rápida recarga vertical de este sistema esta última fase puede tener diversas interpretaciones; uno es atribuirlo a la presencia de niveles evaporíticos intercalados en ambiente de interduna y otra a fenómenos de evaporación en zona no saturada. No obstante, como parece ser un rasgo regional o que al menos involucra toda la isla, podría tratarse de la interfase salina o aguas connatas con los sedimentos de origen marino que aún no alcanzaron a "lavarse" dadas las escasas precipitaciones.

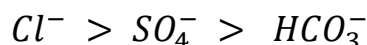
Se observa además una tendencia entre los años 2002 a 2010; una transición en gran parte de los pozos, de aguas bicarbonatadas a aguas cloruradas. Esto puede deberse a un exceso de bombeo, con la consiguiente salinización de la captación. Otra opción podría ser el flujo hacia el pozo de aguas fósiles salobres provenientes de reservorios acuíferos antiguos.

7.3.2 – Relación Cl/HCO_3

El uso de las relaciones iónicas en estudios hidrogeoquímicos constituye una herramienta más a la hora de intentar identificar distintas reacciones físico-químicas y procesos modificadores de la composición química del agua subterránea. La relaciones iónicas permite determinar los diversos procesos que se han producido desde los puntos de recarga hasta el área de descarga, procesos de disolución-precipitación, intercambio iónico, etc. En general la secuencia normal de un agua "joven", de reciente infiltración, es:



después de un largo tiempo de residencia tiende a invertirse a:



La relación presenta valores entre 0,1 y 5 en aguas continentales, con pH mayores de 7; y entre 20 y 50 en el agua de mar (Custodio y Llamas, 1983). Esta marcada variación en los rangos de valores entre las aguas continentales y el agua de mar, así como el carácter trazador de los cloruros, hacen de este índice uno de los más utilizados para la caracterización de la intrusión marina. Un continuo crecimiento de esta relación podría indicar un posible proceso de incorporación selectiva de cloruros y cambios bruscos pueden señalar los límites entre agua de distintos orígenes.

En la tabla 7.3 se resumen los valores de relación Cl/HCO_3 para los pozos del campo de bombeo de Bahía San Blas entre 1985 y 2010.

Relación Cl/HCO_3 Pozo N°	22/07/1985	24/06/2002	01/03/2010
1	1,06		
2	0,53	0,64	1,20
3	0,96	0,69	
4		0,59	0,46
5	0,77	0,64	0,60
6	1,10	0,51	0,53
7	0,82	0,68	0,80
8	1,01	0,71	1,51
9			0,69
10			0,78

Tabla 7.3: Relación Cl/HCO_3

Observando la tabla 7.2 se puede verificar que la relación Cl/HCO_3 tiende a ser menor que 1 en la mayoría de los pozos a lo largo de los distintos años, es decir una concentración de Bicarbonato mayor que la concentración de Cloruros. Esto hace suponer que el agua que está siendo captada es agua relativamente reciente, lo que estaría indicando una recarga eficiente y bastante rápida del complejo acuífero.

Se observan también valores por encima de la unidad, es decir a una concentración de Cloruros que estaría superando la concentración de Bicarbonato. Este efecto es atribuible a una posible intrusión salina por sobreexplotación.

7.4 - Constituyentes hidroquímicos minoritarios

7.4.1. – Arsénico y Flúor. Génesis, movilidad y distribución

La mayor parte del Arsénico y Flúor contenido en el agua subterránea de nuestro país tiene origen natural, producto de la disolución de vidrio volcánico con contenido de arsénico y vinculados a las erupciones volcánicas en la Cordillera de los Andes (Nicolli et.al., 1979). En el área de estudio el Arsénico y Flúor presente provendría de los sedimentos que componen tanto las arenas como las terrazas de acumulación, con gran participación de material volcánico.

Sobre la movilidad del Arsénico (As), según Auge (2009), depende esencialmente de las condiciones redox y del pH del agua. En medio oxidante, que es el que prevalece en las aguas subterráneas someras, el Arsénico está disuelto en forma de Arseniato, (AsHO_3^{2-}) para un pH ácido y de Arsenito (AsHO_4^{2-}) para pH alcalinos. Bajo condiciones reductoras, el Arsénico se presenta predominantemente como catión As^{3+} , que es su forma más tóxica.

Sobre la movilidad del Flúor (F), según Nicolli et.al., (1979), por ser un elemento menos tiempo de contacto agua roca. En medio oxidante, que es el que prevalece en las aguas subterráneas someras, el Flúor está disuelto en forma de F^- menos influido por el pH o por condiciones reductoras. Su presencia y toxicidad es discutible en diversos países del mundo, se consideró favorable en concentraciones entre 0.7 -1.2 ppm, aunque la OMS plantea que aún en estas concentraciones es tóxico.

El hidroarsenicismo crónico endémico o Hidroarsenicismo (HACRE) es una enfermedad ambiental crónica cuya etiología está asociada al consumo de aguas que contienen arsénico y que en algunas regiones del mundo es de carácter endémico, como en el oeste de la región pampeana, ha determinado que exista mayor información sobre la distribución de As que del F, aunque suelen estar hidrogeoquímicamente asociados (op.cit).

Para la provincia de Buenos Aires, solo Auge (2009) propone y aporta una cartografía más detallada de las concentraciones de Arsénico en el agua freática, nuevamente debe tenerse en cuenta la salvedad de que el acuífero libre atraviesa muy diversas unidades. En el mapa de la figura 7.5 se indica la distribución areal del agua potable, o sea de aquella con menos de 0,05 mg/L de As en solución, de acuerdo al Código Alimentario Argentina (CAA), al que adhiere la provincia.

Sobre la base de esta discriminación de su concentración se observaría que la mayor parte del territorio provincial tiene agua subterránea, en su acuífero libre, que supera el límite de

potabilidad. Por debajo de esta concentración se encuentra el NE y centro abarcando parte de los partidos de Tandil, Balcarce, Olavarría, Tapalqué, Gral. Alvear, Bolívar, Daireaux, Gral. La Madrid, Cnel. Suárez, Saavedra y Tornquist (aparentemente las Subregiones Periserranas de Ventania y Tandilia, según Santa Cruz y Silva Busso, (1999). La zona más extensa coincide con las dunas que bordean la Costa Atlántica Bonaerense (Subregión de Médanos Costeros, según Santa Cruz y Silva Busso, 1999).

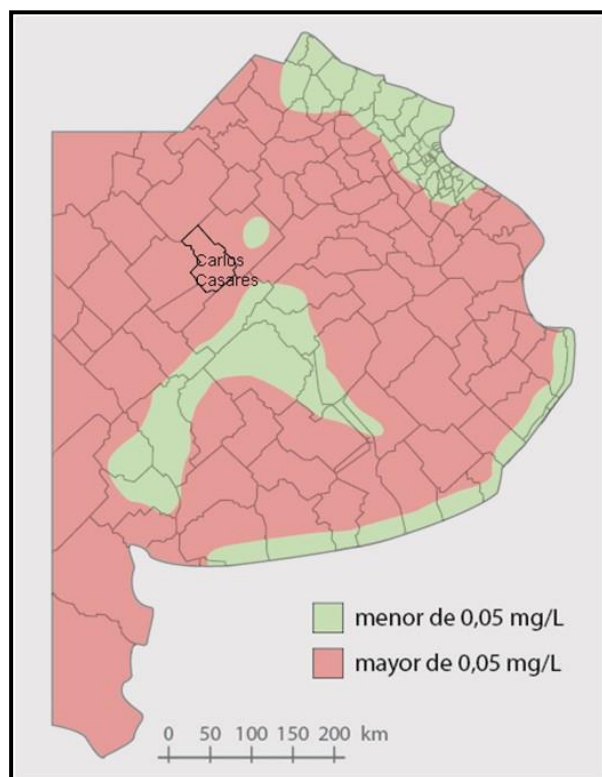


Figura 7.5: Distribución del As en el Acuífero freático (tomado de Auge, 2009)

7.4.2 – El Arsénico y Flúor en I Isla Jabalí

En base a los datos de análisis químicos recopilados se exponen en las tablas (tabla 7.4 y 7.5) las concentraciones de Arsénico y Flúor para los pozos de explotación del campo de bombeo de Bahía San Blas para los años 1985, 2002 y 2010. En naranja se resaltan los valores por encima de los máximos aceptados para agua potable; 0,01 mg/l para el Arsénico y 1,5 mg/l para el Flúor (Código Alimentario Argentino).

Arsénico (As) (mg/l)	22/07/1985	24/06/2002	01/03/2010
Pozo N°			
1	0,03	0,85	
2	0,03	0,95	0,06
3	0,03	0,15	0,05
4	0,03	0,07	0,04
5	0,03	0,11	0,06
6	0,02	0,11	0,08
7	0,02	0,11	0,09
8	0,02	0,85	0,04
9			0,08
10			0,04

Tabla 7.4: Concentraciones de Arsénico (mg/l)

Se observa un fuerte aumento de sus concentraciones desde 1985 al 2010. No es el foco de este trabajo discernir el origen del mismo en las aguas subterráneas de la isla, aunque se estima que corresponde a contaminación natural debido a los sedimentos (en gran proporción de origen volcánico) que conforman el acuífero. Queda como materia de futuros estudios explicar las variaciones observadas

Fluoruros (F) (mg/l)	22/07/1985	24/06/2002	01/03/2010
Pozo N°			
1		2,4	
2	0,70	2,70	2,30
3	0,50	2,40	
4		1,50	1,4
5	0,75	1,90	1,70
6	0,40	1,50	0,40
7	0,60	1,20	2,00
8	0,30	1,70	1,60
9			2,10
10			2,20

Tabla 7.5: Concentraciones de Fluoruros (mg/l)

7.5. - Constituyentes hidroquímicos antrópicos

7.5.1 Análisis de la presencia de nitrato

El nitrato (NO_3^-) en particular tiene su origen, generalmente, en fuentes de nitrógeno exteriores al sistema acuífero siendo consecuente de actividades antrópicas de algún tipo

(urbanización, agricultura, saneamiento, etc.). Aunque existen ejemplos de incorporación natural por desecación de bañados, pantanos o cuerpos de agua y también se ha determinado el aporte de nitratos a partir del agua de lluvia (Custodio Llamas, 1983).

Para Shulz et.al., (2000) concluye que existiría un valor umbral inicial que parecería indicar un origen natural del nitrato en el agua subterránea, mencionando que no se observan evidencias de contaminación difusa provenientes de otras actividades. Incluso se determina un patrón unitario de distribución del nitrato y una distribución media areal condicionada a las áreas geomorfológicas, como así también una correspondencia en el tiempo con los cloruros y los ciclos de lluvia. En coincidencia y según Santa Cruz et. al., (2004), la región pampeana posee una nivel base de nitratos de 10ppm.

La incorporación antrópica de nitrato en los acuíferos de las zonas urbanas ha sido un proceso gradual pero constante durante todo el siglo XX y en particular en los últimos años. Según Silva Busso y Rouiller, (2007) determinan que para la ciudad de Buenos Aires y su zona metropolitana una concentración de base de 80 ppm reducida por dilución a efecto de la recuperación de los acuíferos Epiparanos. Otro ejemplo estudiado es el de la Ciudad de La Plata, Buenos Aires, donde el agua subterránea de abastecimiento presenta un elevado contenido en nitrato. Los mismos provienen de: pérdidas en la red cloacal; antiguos pozos ciegos hoy desactivados y un viejo basural (Auge, 2000). Otro caso de estudio como el presentado por Saracho et.al., (2005) determinan que del total de las captaciones de abastecimiento de la Ciudad de Catamarca el 50 % de las mismas supera el límite para consumo humano de nitrato y presentan muy poca variación temporal. Un estudio detallado del aporte de nitratos por mal saneamiento lo exponen Varnier e Hirata, (2000) en la Ciudad de San Pablo, Brasil aportes de nitratos por déficit de saneamiento en fosas sépticas. Las variaciones en la concentración se atribuyen a variaciones de los flujos de recarga.

A pesar de la cantidad de estudios vinculándolo con falta de adecuado saneamiento en la región agrícola pampeana Costa (1999) y luego Elichiry, (2002) demuestran que en áreas de agricultura extensiva el contenido de nitratos no solo puede ser significativo sino que además tiende a profundizarse en niveles acuíferos inferiores.

Más allá de su origen, natural o antrópico, el resultado es el movimiento del mismo por la zona no saturada hasta alcanzar la zona saturada. El transporte y destino depende de la forma química en que se encuentre el nitrógeno y de los procesos fisicoquímicos que conllevan a la

transformación de una especie en otra y también de las características litológicas de las unidades que atraviesa.

Dentro del área de estudio solo se contó con datos de nitratos para el campo de bombeo del municipio de Bahía San Blas. Los valores registrados resultaron normales (tabla 7.6) y en línea con los niveles base para la región pampeana de alrededor de las 10 ppm (Santa Cruz et al. 2004). Cabe la aclaración de que la batería de bombeo se encuentra a unos 10 kilómetros del núcleo urbano donde la afectación por nitratos se intuye de considerable intensidad. Es necesario censar esta zona en busca de evidencias concretas de contaminación por nitratos y así determinar las medidas a implementar.

Nitratos (NO ₂ -) (mg/l)	22/07/1985	24/06/2002	01/03/2010
Pozo N°			
2	2,00		8,00
3	12,00	0,00	
4		0,00	18,00
5	7,00	14,00	9,00
6	2,00	13,00	8,00
7	0,00	12,00	8,00
8	5,00	17,00	8,00
9			8
10			6,00

Tabla 7.6: Concentración de Nitratos (Mg/l)

Capítulo 8 - Estimación de reservas, recargas y descargas

8.1 - Cálculo de Reservas

Para el cálculo se empleó el área actual estimada de afloramiento de las unidades acuíferas de 36,37 Km² (Figura 8.1). Por lo tanto para estimar la recarga por precipitaciones se tomó la precipitación media aproximada de 375,9 mm/año para la región (ya mencionado en el apartado 5.1). Esta metodología permite calcular las Reservas Reguladoras a partir de la obtención de los excedentes modulares mínimos disponibles para la infiltración que surgen como una diferencia a partir del balance hídrico local y el valor de lámina potencial infiltrada calculado oportunamente por el método de Goldschmidt (1958). Para el cálculo de las reservas reguladoras se empleará la relación (1) propuesta por Custodio Llamas (1983). Sobre esta base se determinaron los resultados de la tabla 8.1 para el área de estudio.

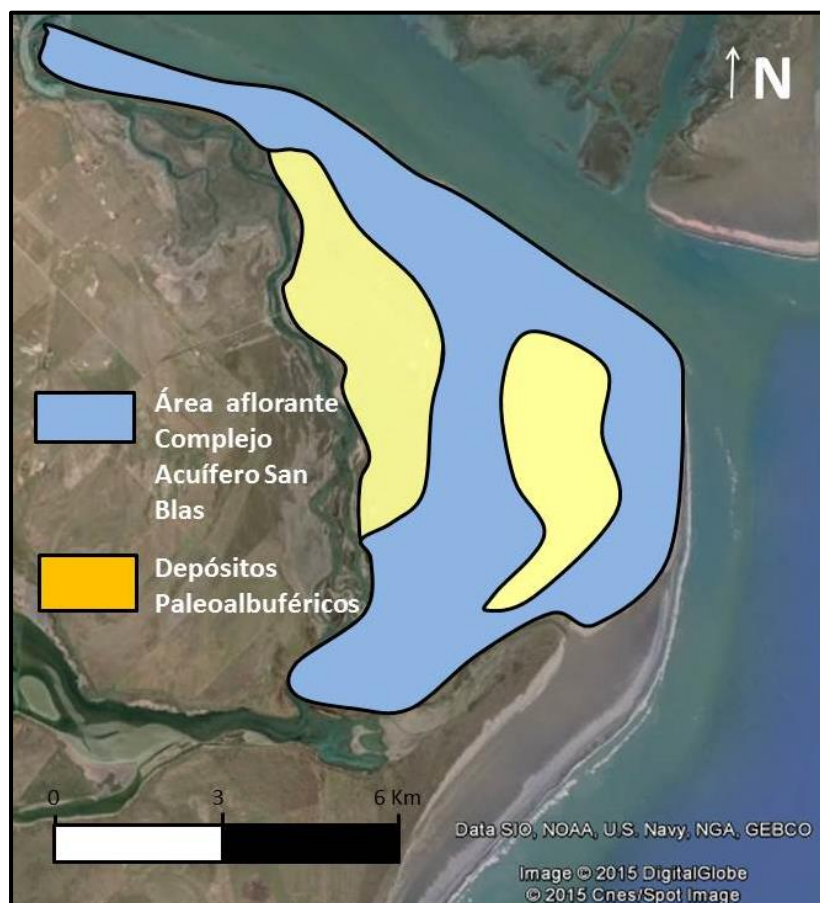


Figura 8.1: Área estimada aflorante del Complejo Acuífero San Blas

$$\text{Reservas Reguladoras} = \text{Área (m}^2\text{)} \times \text{Altura Lámina Infiltrada (m)} \text{ (1)}$$

Área (Km ²)	Infiltración en mm	Res. Reg. en Hm ³ /año
36,37	275,66	10,03

Tabla 8.1. Reservas Reguladoras del Complejo Acuífero San Blas

Esto determina una Reserva Reguladora total de **10,03Hm³/año**. Este resultado es plausible dado que en esta unidad los límites hidrogeológicos son fácilmente reconocibles.

Otro método de estimación determina que las Reservas pueden calcularse asumiendo que la variación anual que posee el nivel freático en un área determinada, refleja la recarga que posee el acuífero libre en un periodo determinado. Este cálculo de reserva suele denominarse Reservas Efectivas (Custodio y Llamas, 1983) dado que derivan de la porosidad efectiva considerando los espesores saturados durante la oscilación. Ambas las reservas reguladoras y efectivas se consideran de similar magnitud. Para ello se necesita el área, la fluctuación del nivel freático y la porosidad efectiva Se puede calcular mediante la expresión (2).

$$\text{Reservas Efectivas} = \text{Área (m}^2\text{)} \times \text{Fluct. Nivel. Freático (m)} \times \text{Poros. Efect. (adim.)} \text{ (2)}$$

La porosidad efectiva (ϕm) del complejo acuífero se calculó como un promedio de las porosidades efectivas de las unidades que lo conforman. Se obtuvo un valor de $\phi m=0,25$. Para. La oscilación del nivel freático en el Complejo Acuífero San Blas no es un dato debidamente registrado, ni conocido. La oscilación es relativamente comparable con la aceptada en la región de la Pampa Húmeda de **2,00 m** aproximadamente (Auge 2004), no obstante, es probable que en áreas costeras la oscilación sea un poco menor. Considerando los valores mencionados el resultado final es de **18,18Hm³/año** de Reservas Efectivas. Debe recordarse que el cálculo es sensible a pequeñas variaciones de la porosidad efectiva y la oscilación del nivel freático es un valor medio medido en áreas de escasa infiltración y además difícilmente puede ser constante en toda la región por las diferencias litológicas entre arenas y gravas.

Finalmente puede calcularse las reservas totales (Custodio y Llamas, 1983) determinadas por el contenido total de agua potencialmente extraíble por medios mecánicos (bombeo) del acuífero. Estas Reservas pueden calcularse mediante la sencilla expresión (3) asumiendo una unidad formacional con un espesor medio de 15 metros aproximadamente y espesores no saturados medios de 5 m, y de forma aproximada también unos 10 m de espesor saturado.

$$\text{Reservas totales} = \text{Área (m}^2\text{)} \times \text{Espesor medio saturado (m)} \times \text{Poros. Efect. (adim.) (3)}$$

Este cálculo de reserva da una idea de la magnitud de agua de reserva total dado que derivan de la porosidad efectiva considerando los espesores saturados totales y sería el volumen de agua gravitacional almacenada. Aquí debe considerarse con precaución dado el escaso conocimiento hidrogeológico regional de esta unidad y la diversidad geológica local. Por otro lado estos volúmenes no deberían ser inferiores a las demandas con objeto de preservar el recurso.

Se ha estimado este valor en **72,74 Hm³/año**. Hemos estimado la demanda total del recurso sobre el Complejo Acuífero San Blas **en 0,5 Hm³/año** (sumatoria de la demanda de todos los usos) constituyendo el 5% de volumen de las Reservas Reguladoras el 2,75 % de las Efectivas (aunque este último es muy estimativo) sin comprometer las reservas totales ni las recargas anuales. A continuación se presenta un resumen de los datos empleados y estimados en este estudio.

<i>Superficie Total Complejo Acuífero San Blas:</i>	36,37 Km ²
<i>Precipitación Media Anual (Período 2001- 2010):</i>	375,9 mm.
<i>Infiltración:</i>	275,66 mm
<i>Demanda total de Agua estimada</i>	0,5Hm ³ /año
<i>Reservas Reguladoras:</i>	10,03 Hm ³ /año
<i>Reservas Efectivas:</i>	18,18 Hm ³
<i>Reservas Totales:</i>	72,74 Hm ³

8.2 - Cálculo de caudales de recarga, descarga y tránsito

Para el cálculo de los caudales involucrados se utilizó la ley de Darcy (4)

$$Q = K.A.i \text{ (4)}$$

Donde:

K = permeabilidad de Darcy m/d

Q = caudal m^3/d

I = gradiente hidráulico

Caudal de recarga

Para la estimación del caudal de recarga se tomó la isopieza de 2,5 m.s.n.m. como la de recarga debido a que es continua en toda la isla y entendemos que a ese potencial existen menos dudas de que se ha producido eficazmente la recarga. Se tomó la longitud de la mencionada isolínea (L 2,5) y se la multiplico por el espesor saturado (Es), obteniendo de esta manera una sección de recarga. Se calculó el gradiente hidráulico y la permeabilidad era un dato conocido. De esta forma:

$$Q_r = K.A.i = K.(L_{2,5} . Es).i = 43,2 \text{ m/d} . 3300 \text{ m} . 10\text{m} . 5.10^{-3}$$

Se estimó un caudal de recarga de $Q_r = 7128 \text{ m}^3/d$

Caudal de descarga

Para la estimación del caudal de descarga se tomó la isopieza de 1 m.s.n.m. como la de descarga por razones similares al caso anterior, es continua en toda la isla y representa el potencial más bajo antes del 0 msnm. Se tomó la longitud de la mencionada isolínea (L 1) y se la multiplico por el espesor saturado (Es), obteniendo de esta manera una sección de descarga. Se calculó el gradiente hidráulico y la permeabilidad era un dato conocido. De esta forma:

$$Q_d = K.A.i = K.(L_1 . Es).i = 43,2 \text{ m/d} . 4400 \text{ m} . 5\text{m} . 5.10^{-3}$$

Se estimó un caudal de descarga de $Q_d = 4752 \text{ m}^3/d$

Caudal en tránsito

El caudal en tránsito (Q_t) no es otra cosa que la diferencia entre los el caudal de recarga y descarga, es decir entrada y salida de agua hacia y desde el Complejo Acuífero. Es un dato importante dad que se trata del agua potencialmente explotable en el acuífero.

$$Q_t = Q_r - Q_d = 7128 \text{ m}^3/\text{d} - 4752 \text{ m}^3/\text{d}$$

Se estimó un caudal de transito de $Qt = 2736 \text{ m}^3/\text{d}$

8.3- Modelo hidrogeológico local

A partir de la información obtenida a través de la campaña de niveles, los datos de perforaciones disponibles y los sondeos eléctricos realizados, se determinó la presencia de un acuífero semilibre, alojado en los depósitos gravo-arenosos correspondientes a distintos niveles de terrazas de acumulación marinas, en los depósitos de dunas activas e inactivas o en una combinación de ambos. Estratigráficamente estos depósitos se corresponden a las gravas de la Formación San Antonio y a las arenas de la Formación Punta Villarino (Figura 5.3), es decir el denominado Complejo Acuífero San Blas.

El mismo presenta espesores de hasta unos 10 metros en los altos topográficos, donde las unidades desarrollan mayor potencia, y corresponde en general a depósitos eólicos suprayaciendo terrazas de acumulación marina. En cotas menores el acuífero puede llegar a tener unos escasos 2 metros de desarrollo vertical, y coincide principalmente con depósitos fango-arenosos correspondientes a niveles paleoalbuféricos.

Las superficies piezométricas varían desde los 2 a 8 m.b.b.p., es decir entre los 3 m.s.n.m. y el nivel del mar propiamente dicho. Los mayores valores piezométricos coinciden también con los altos topográficos. La diferencia de carga hidráulica puede alcanzar los 3 m.

El acuífero San Blas responde a un modelo de recarga local debido al importante grado de permeabilidad de las unidades aflorantes en la isla (Tabla 5.3). La recarga depende en su totalidad de las precipitaciones sobre la superficie de la Isla ya que no existe conexión hidráulica entre los depósitos que la conforman y aquellos desarrollados tierra adentro más allá del Arroyo Jabalí.

Las principales áreas de recarga se ubican hacia el centro de la Isla, donde se encuentran aflorantes depósitos de terrazas de acumulación con un grado medio de permeabilidad, principalmente hacia el Sudoeste donde estas unidades están cubiertas por depósitos eólicos con buena permeabilidad.

De la morfología de la superficie freática (ver mapa Hidrogeológico) se deduce que las mismas son de tipo radial, indicando áreas de recarga hacia el centro de la isla, y áreas de descarga hacia ambos lados de la divisoria de aguas que coincide con las mayores alturas relativas de los depósitos psefíticos y psamíticos. El escurrimiento subterráneo se manifiesta tanto hacia el Océano Atlántico como hacia el Arroyo Jabalí, con un gradiente levemente mayor hacia la zona costera. En la figura 8.2 se ilustra el modelo 3D del acuífero descrito.

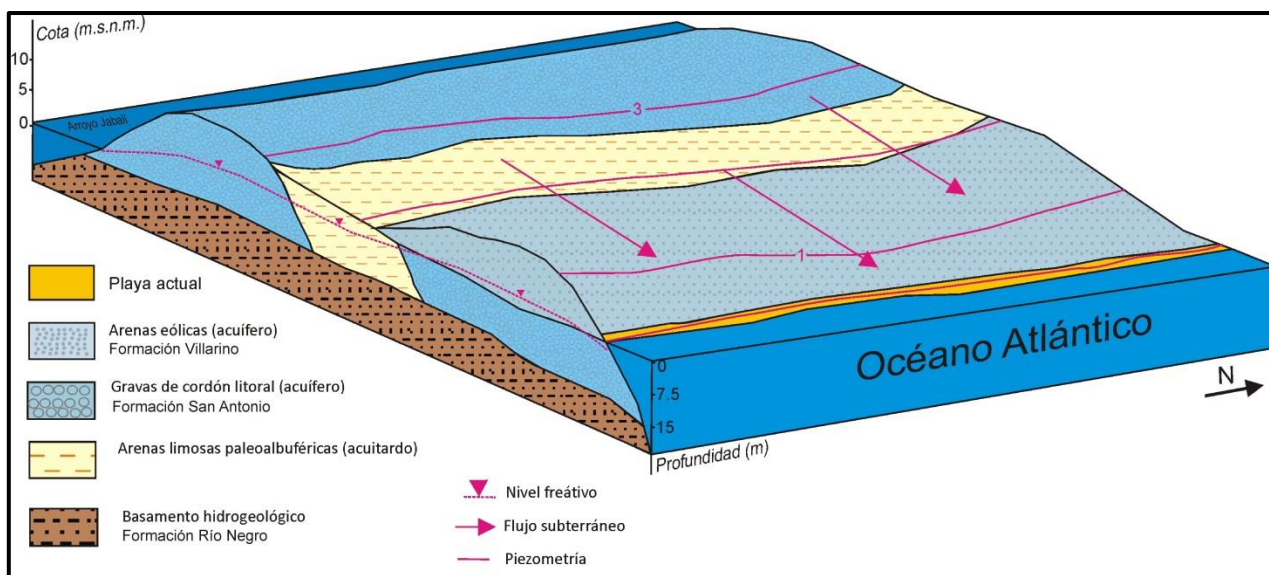


Figura 8.2: Modelo de comportamiento del Complejo Acuífero San Blas (Ver Anexo IV)

9 - Aspectos ambientales e impactos potenciales sobre el Complejo Acuífero San Blas

9.1 - Contaminación potencial. Criterios de análisis

La contaminación potencial (no real) puede ser definida como la posibilidad de introducción de contaminantes a un curso de agua superficial o sistema de agua subterráneo, a través de vías indirectas, como el lavado de contaminantes a través del suelo, o desde fuentes que no es posible establecer con exactitud un sitio específico (Foster, 1987; Foster e Hirata, 1988). Se entiende por vulnerabilidad a la contaminación de un acuífero el conjunto de características intrínsecas que determinan su susceptibilidad a ser adversamente afectado por una carga contaminante Foster (1987). La peligrosidad queda definida como la interacción entre la intensidad de la carga contaminante antrópica y la vulnerabilidad del acuífero.

La decisión de la instalación o remoción de una actividad potencialmente contaminante debe considerar el peligro de la degradación del acuífero o del pozo, lo cual es determinado por la interacción de la probabilidad de generación de una carga contaminante con los diferentes grados de vulnerabilidad.

Los criterios de protección ambiental de los recursos hídricos subterráneos tienen como base técnica la restricción de la ocupación del terreno con relación a la vulnerabilidad de los acuíferos.

Foster et al. (2002) presenta algunas consideraciones con relación a las actividades y cargas potencialmente contaminantes y describe una de las metodologías empleadas para su clasificación (conocido como método POSH). Aunque se considera por la gran complejidad de las actividades potencialmente contaminantes, tendrían que ser estudiadas individualmente, un análisis de los casos de contaminación conocidos permite obtener, según Foster et.al., (2002) algunas conclusiones importantes:

- ✓ Una gran cantidad de actividades humanas es potencialmente capaz de generar importantes cargas contaminantes, aunque solamente unas pocas son responsables por la mayoría de los casos de contaminación de las aguas subterráneas.
- ✓ El volumen de sustancias químicas usadas en una actividad no tiene una relación directa con su presencia en los acuíferos.
- ✓ La intensidad de la contaminación de un acuífero no es una función directa del tamaño de la actividad antrópica. Muchas veces pequeñas actividades, como talleres

mecánicos y pequeñas industrias, pueden causar gran impacto en las aguas subterráneas.

- ✓ En zonas urbanizadas, las pequeñas actividades son responsables por la mayoría de los casos de contaminación.
- ✓ Pequeñas cantidades de compuestos químicos pueden generar grandes plumas de contaminación, sobre todo cuando el acuífero impactado presenta gran velocidad de flujo y los compuestos son muy tóxicos.

Un foco importante de atención en relación con la contaminación de recursos hídricos es si la contaminación directa o puntual o si la contaminación es difusa, principalmente desde zonas urbanas o agrícolas (Santa Cruz, 1995). La contaminación difusa resulta entonces de un efecto acumulativo que es producto de pequeños aportes individuales realizados desde sitios diversos. La contaminación difusa puede ser continua o intermitente, la primera más típica de zonas urbano-industriales y la segunda está relacionada con actividades agrícolas que suelen ser estacionales.

Santa Cruz y Silva Busso (2001) definen el concepto de afectación como un concepto más amplio que hace referencia a los efectos perjudiciales sobre el agua subterránea que, si bien en la mayoría de los casos es consecuencia de la actividad antrópica, puede también deberse a fenómenos naturales o eventos climáticos extremos: por ejemplo largos períodos de sequía pueden llegar a afectar un acuífero. Estos efectos perjudiciales pueden alterar significativamente los niveles piezométricos medios (elevación o depresión) y/o calidad del agua en forma general (salinización, aumento de la concentración de nitratos u otros contaminantes). Por lo tanto, el concepto es aplicable cuando ya se ha producido un perjuicio sobre el acuífero, o cuando hay riesgo de que se produzca en los diversos aspectos cuali-cuantitativos, pero no se logra identificar un aspecto de responsabilidad específica, o sea se aplica en casos difusos.

Foster et al. (2002) sugiere la realización de un inventario y una clasificación de fuentes de contaminación como paso fundamental para la implementación de un programa de gestión que incluye invariablemente la protección de las aguas subterráneas.

Una de las mayores dificultades en un inventariado de este tipo es la obtención de la información. En muchos casos, una gran parte de los datos están concentrados en organismos de gobierno provinciales con dificultades operativas en sus bases de datos y personal o empresas privadas que no tienen compromiso de liberar los mismos. Los estudios antecedentes son también

importantes fuentes de información, así como los registros de asociaciones de industria y comercio de la ciudad cuando estos existen.

Otra alternativa es recurrir al uso de fotografías aéreas o imágenes de satélite de gran escala pueden facilitar el mapeo del uso del suelo o detectar puntos conflictivos o potencialmente riesgos, inclusive a veces puede obtenerse una perspectiva histórica cuando existe esa información. No obstante, cualquier método de este tipo necesita de verificación y validación en el terreno. Debido a los aspectos socio-económicos particulares en una región, los inventarios suelen tener características propias con puntos comunes.

Santa Cruz y Silva Busso (2001) consideran que los acuíferos costeros en médanos poseen naturalmente una alta vulnerabilidad a la contaminación, independientemente del método que se utilice para su evaluación. Los estudios de protección del agua subterránea implican un profundo conocimiento de sus características hidrológicas, hidrodinámicas e hidroquímicas ya que presentan un alto riesgo de afectación y contaminación potencial. Tomando este aspecto en cuenta, en este estudio hemos optado por esta última estrategia aplicando las metodologías y clasificación propuestas por Foster et. al., (2002) y adaptando los criterios según lo propuesto por Santa Cruz et. al., (2000) para estudios en la región pampeana.

9.2 - Inventario de sitios potenciales en Isla Jabalí

El uso del suelo en la Isla Jabalí puede ser dividido principalmente en urbano y ganadero. Hacia el centro de la Isla se concentra el núcleo urbano, mientras que hacia el sudeste del área se ubican los emprendimientos ganaderos (figura 9.1). Hacia el norte de la Isla se emplazan algunos domicilios particulares pero la densidad de los asentamientos es muy baja. Las zonas costeras son principalmente escenario de actividades recreativas.

Existe una planta procesadora de ostras en la Isla. Esto sería lo más cercano a un uso industrial del suelo. La actividad es de carácter estacional y de pequeña escala, por lo que no se profundizara en este aspecto.

En el transcurso de la campaña realizada en la Isla Jabalí se identificaron diversas fuentes potenciales de contaminación del acuífero libre. Estos sitios de contaminación potencial (Figura 9.2).

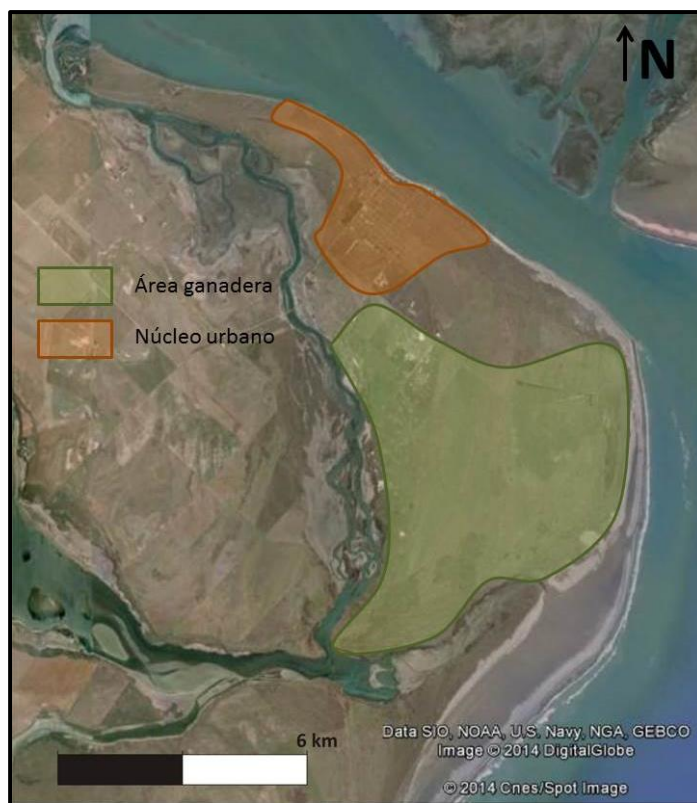


Figura 9.1: Usos del suelo



Figura 9.2: Mapa de ubicación de los puntos de contaminación potencial del acuífero

9.2.1 – *Cantera Bahía San Blas*

Se trata de una cantera informal, ubicada en el centro de la Isla, de la cual se extraen gravas de los depósitos de cordones litorales (Figura 9.3). Su extracción se realiza tanto de forma manual (a pala) como mecánica (tractor), y es utilizada principalmente para la construcción y la consolidación de caminos.

En las áreas más profundas de la fosa se encuentra prácticamente aflorante el acuífero freático (Figura 9.4). Esto constituye un foco de potencial de contaminación directa del agua subterránea. Más aun, la cantera se desarrolla dentro de una de las principales áreas de recarga de la isla y a escasos 1500 m de uno de los campos de bombeo que proveen de agua potable a Bahía San Blas.



Figura 9.3 – Cantera Bahía San Blas

Desde el punto de vista geomorfológico, al retirar parte del suelo y gravas, quedan expuestos materiales de granulometría menor susceptibles a la erosión eólica. Esto puede disparar o profundizar procesos de deflación que podrían exponer el freático, erosionando el mismo. Se propone, en primera instancia, finalizar su explotación. Finalmente tomar las medidas de remediación necesarias. No obstante se podría proteger de cualquier actividad antrópica cercando el área de cantera.



Figura 9.4: Acuífero freático aflorando en la Cantera

9.2.2 – Repositorio de residuos no controlado

Se ubica en el centro de la Isla sobre depósitos areno-limosos correspondientes a un nivel paleoalbuférico. Los residuos urbanos son arrojados directamente sobre esta área sin tratamiento ni preselección. Los desechos orgánicos producto de las fileteras instaladas en la isla son enterrados (Figura 9.5).



Figura 9.5: Repositorio de residuos no controlado "Basurero", Bahía San Blas

Si bien la naturaleza del sustrato le confiere cierto grado de impermeabilidad (ver tabla 5.2) esto no es suficiente para evitar la infiltración de lixiviados contaminantes hacia el subsuelo. El material soluble de los residuos acumulados será lixiviado por el agua de lluvia y se infiltrará hasta la zona saturada incorporándose al flujo subterráneo pudiendo llegar eventualmente a las captaciones de aguas subterráneas (Figura 9.6). El lixiviado presenta una composición muy variable. Generalmente las concentraciones de sólidos disueltos (TDS), dureza, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} y HCO_3^- son muy elevadas durante años, aunque no siempre aparecen inmediatamente. La contaminación del agua del acuífero puede traducirse en un aumento de mineralización de la misma, aumento de su temperatura, aparición de color y olor desagradable, elevado contenido en NH_4^+ , DBO y DQO.

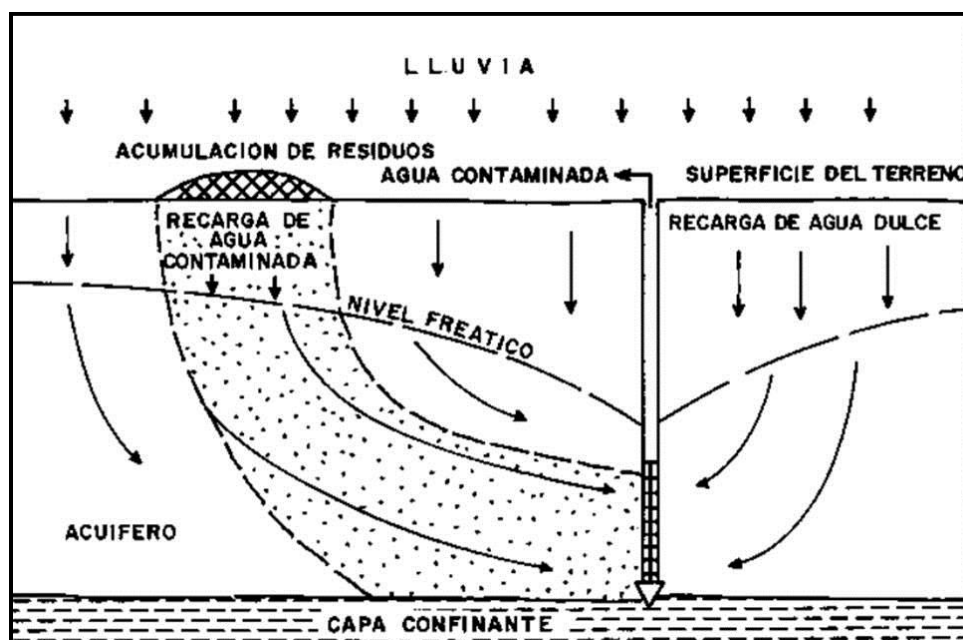


Figura 9.6: Contaminación de un acuífero por el lixiviado de residuos sólidos depositados en superficie (Porras y Nieto, 1985)

También como en posible reducción de SO_4^{2-} , ausencia de NO_3^- , presencia de Fe^{2+} y elevado contenido en CO_2 en función del pH (Porras, Nieto. IGME, 1985). Los datos de niveles dentro del mismo deposito paleoalbuférico donde se emplaza el basurero dieron profundidades para el nivel freático de entre 2 y 3 m.b.b.p. Si bien el sedimento que compone estos depósitos tiene una permeabilidad baja, no es netamente impermeable. Estos vertidos ponen en riesgo de manera directa la calidad de las aguas subterráneas y se considera necesario relocalizar el basurero fuera

de la Isla Jabalí. Al momento de su relocalización se recomienda seguir las técnicas convencionales de construcción de vertederos.

9.2.3 – Cementerio de San Blas

El riesgo que los cementerios plantean al medio ambiente ha sido objeto de debate durante muchos años. Que un cementerio suponga o no una amenaza, en términos de contaminación de las aguas subterráneas, depende fundamentalmente de su ubicación, por lo que es necesario realizar una interpretación hidrogeológica de su relación con el medio natural. Si la localización es inapropiada o insuficientemente protegida, los cementerios pueden suponer un importante problema de salud pública (Hernández, 2013).

Cuando los cuerpos y los féretros se descomponen los subproductos generados se liberan al ambiente en forma gaseosa y líquida. Los residuos están generalmente formados por:

- ✓ Productos gaseosos (CO, CO₂, CH₄)
- ✓ Productos líquidos (necrolixiviados)
- ✓ Productos químicos y metales pesados provenientes de las pinturas, barnices y partes metálicas de los féretros.
- ✓ Textiles
- ✓ Necrolixiviados

De todos estos el necrolixiviado resulta el más perjudicial. El derrame de este lixiviado desde las estructuras de enterramiento es lento y una gran parte del mismo se evapora. Sin embargo, la zona de terreno bajo los enterramientos va quedándose impregnada de los productos de descomposición, por lo que pueden ser arrastrados por el agua infiltrada desde la superficie a través de la zona no saturada del acuífero pudiendo llegar a las aguas subterráneas. Este líquido o necrolixiviado presenta un carácter viscoso y coloración grisácea y está compuesto principalmente por un 60 %agua, un 30% de sales minerales y un 10% de sustancias orgánicas biodegradables. En la composición del necrolixiviado pueden encontrarse:

- ✓ Microorganismos como bacterias degradadoras de la materia orgánica y bacterias excretadas por los humanos como los coliformes fecales (*Escherichia coli*,

enterobacter, citrobacter) y virus. En el caso de muerte por enfermedad infecciosa existirán además los agentes de dicha infección.

- ✓ Sustancias orgánicas biodegradables como las diaminas biogénicas cadaverina ($C_5H_{14}N_2$) y la putresceína ($C_4H_{12}N_2$) responsables del mal olor.
- ✓ Compuestos de nitrógeno y fósforo en sus diversos estados como ortofosfato (PO_4^{3-}), amoníaco (NH_3), amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), etc.
- ✓ Elementos químicos principales de las sales minerales disueltas en forma de cationes como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y Sr^{2+} y aniones como Cl^- , SO_4^{2-} y HCO_3^- .
- ✓ En menor medida, elementos químicos provenientes de tratamientos médicos.
- ✓ Posibilidad de existencia de pequeñas cantidades de metales pesados como Cr, Mn, Zn, Cu, As, Mo, Cd y Pb, procedentes de los elementos de los féretros o técnicas funerarias de conservación, aunque también están presentes en los cuerpos y en la composición geoquímica de los suelos.

En el caso de que la contaminación microbiológica alcanzara la zona saturada, la velocidad del flujo del agua subterránea afecta de forma muy importante a la distancia que pueden recorrer los microorganismos en el seno del acuífero (Figura 9.7).

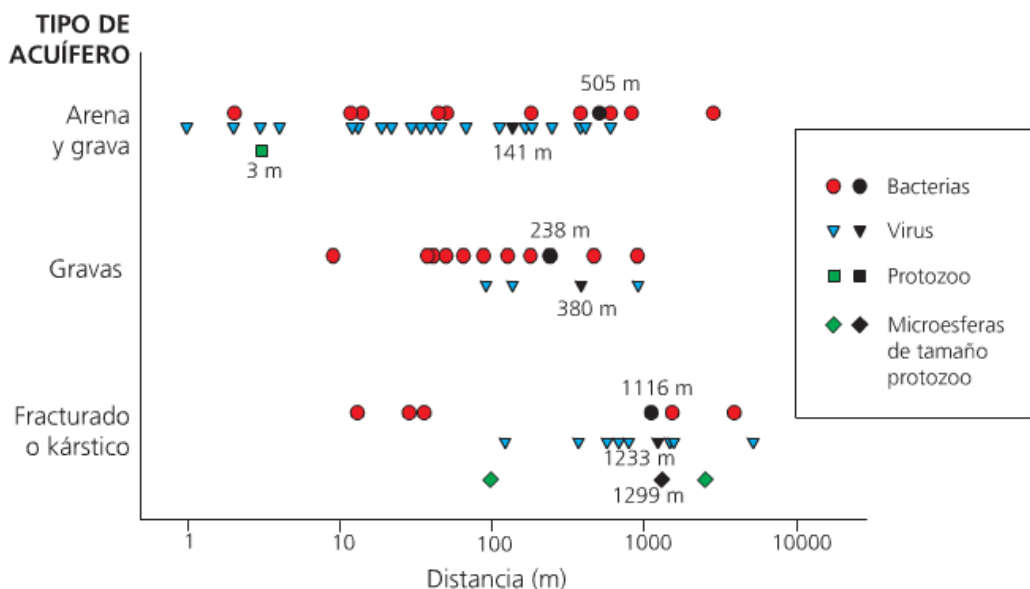


Figura 9.7: Distancia de transporte de organismos patógenos en diferentes matrices de acuíferos (Kraus y Giebler 2011).

El cementerio se ubica inmediatamente al norte del núcleo urbano de la localidad (figura 10.2) y ocupa una superficie aproximada de 1000 m². A 50m del acceso al mismo se encuentran, sobre la calle 4, dos de las captaciones que proveen de agua potable a la localidad. El resto de los pozos se ubican en la línea de la misma calle, tanto hacia el Sur y Norte del Cementerio, equidistantes unos 100 m uno del otro (Figura 10.8).

En la imagen (figura 9.8) se puede observar la corta distancia (entre los 50 y 800 m) entre el predio del cementerio y las captaciones para agua potable. Observando los valores expuestos en la figura 9.6, y dado que los materiales acuíferos predominantes en esta área son gravas y arenas, muchos de los pozos entran en el radio de influencia de la contaminación por organismos patógenos.

Se propone en el corto plazo la implementación de una red de freatímetros en las zonas de posible afectación, con el fin de comenzar a monitorear los posibles efectos de los necrolixiviados sobre el agua subterránea. Sin embargo, su relocalización, o la de las captaciones potencialmente afectadas, resulta lo más conveniente.



Figura 9.8: Ubicación de las captaciones respecto del cementerio de San Blas

9.2.4 - Saneamiento Urbano

La eliminación de los residuos líquidos urbanos suele realizarse a través de las redes de alcantarillado directamente a los cauces fluviales, en la mayoría de los casos, sin un proceso previo de tratamiento de depuración. En múltiples localidades con escasa población y en núcleos agrícolas aislados el procedimiento de eliminación tiene lugar a través de pozos negros, fosas sépticas, etc. Este último es el caso del área de estudio.

Este tipo de vertidos contiene sales minerales, materia orgánica, restos de compuestos no biodegradables, así como virus y microorganismos fecales en general. El grado de tratamiento al que se encuentren sometidos antes de su vertido condiciona notablemente la carga contaminante que pueden aportar.

En el agua residual urbana se detecta la presencia de bacterias (*E. Coli*, *Clostridium*, *Salmonella*, *Trichomonas*), componentes orgánicos (detergentes, plaguicidas, disolventes, aceites y PPCPs (productos farmacéuticos y de cuidado personal)), e inorgánicos (N, P, Cu, Pb, Fe, Sn, Mn).

La contaminación del agua subterránea causada por esta actividad es fundamentalmente fecal, por lo que es frecuente la presencia de *E. Coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, además de nitratos e incremento en el contenido de sales totales y cloruros. La aparición de nitratos se suele dar cuando las aguas negras descargan directamente sobre la zona no saturada y se origina un ambiente oxidante. Si las condiciones son anaeróbicas, o se realiza una descarga directa sobre el acuífero, se produce una disminución del contenido en nitratos acompañado de un aumento de Fe^{2+} disuelto (Blarasin et al., 2005).

Se considera necesario la implementación de un sistema de desagüe cloacal que contemple la totalidad del núcleo urbano; posiblemente una planta de tratamiento adecuada. En cuanto a los domicilios más aislados se recomienda el estudio caso por caso. Por ejemplo una combinación de una cámara biodigestora con un lecho desnitrificante, u algún otro sistema adecuado.

9.2.5 - Estaciones de servicio de combustibles

En el núcleo urbano de bahía San Blas se encuentran dos estaciones de servicio (Figura 9.2). Algunos de los problemas asociados a este tipo de instalaciones se describen a continuación.

Las fugas de productos derivados del petróleo constituyen una amenaza creciente para la calidad de las aguas subterráneas. La contaminación por estos derivados es muy diferente de los

demás tipos de contaminación dado que estos productos son menos densos que el agua e inmiscibles con ella. Es por esto que su desplazamiento en el acuífero se produce casi exclusivamente en la zona no saturada. El petróleo (o sus derivados, combustibles) llega a estabilizarse en el límite superior de la zona saturada por lo que podría esperarse que su poder contaminante fuera limitado. La situación real es muy diferente como consecuencia de la significativa solubilidad de los derivados ligeros del petróleo (20-80 mg/l para la gasolina comercial) que sobrepasa los niveles de concentración para los que el agua se considera contaminada. Consecuencia directa de esta solubilidad es que los hidrocarburos solubles pueden ser transportados a grandes distancias en el acuífero.

Otro problema adicional creado en este tipo de contaminación es el posible efecto de falta de oxigenación en la parte superior del acuífero que puede traducirse en notables cambios del ambiente químico y bioquímico de esta zona (Porras y Nieto, 1985).

De la misma forma que con el cementerio, se propone la implementación de una red de freáticos con el fin de monitorear posibles fugas de combustible al acuífero, y llegado el caso proceder según determinan los criterios y procedimientos para sitios contaminados tomados o reformados parcialmente de las normas EPA (Environmental Pollution Agency, US).

9.2.6 – Explotación de agua subterránea

La extracción de agua subterránea resulta un impacto en sí misma ya que de por sí implica una alteración en las condiciones originales del medio. No obstante, siguiendo el criterio de Santa Cruz y Silva Busso, (2001), sería más apropiado considerarla una afectación temporal del recurso hídrico. Esto no significa minimizar el problema, sino asignarle su carácter difuso, dado que si bien una captación es un hecho puntual el conjunto de todas las captaciones resultan en una explotación regional del acuífero local.

En el caso del Complejo Acuífero San Blas, las consecuencias de su explotación van un poco más allá. Dado lo delicado del ambiente en el que se desarrolla este reservorio de agua subterránea, su incorrecto manejo puede conllevar a impactos concretos.

Como se ha determinado en los apartados de hidroquímica, el exceso de bombeo puede llevar a la salinización de las captaciones, no solo por intrusión de la interfase de agua salada (lateral o basal). En algunos sitios la batería de bombeo se ve amenazada por la posible movilización de aguas contaminantes hacia la misma (cementerio, basurero, etc.). Como se ha

mencionado en el ámbito estudiado se han reconocido estos efectos, tanto en pozos particulares como en las baterías de bombeo del municipio, verificables a través del censo de pozo o de los análisis químicos.

Se recomienda un estudio hidrogeológico en detalle de la respuesta al bombeo de los pozos de abastecimiento, con especial acento en la evolución hidroquímica a partir de la explotación en baterías (no se descarta un modelo numérico). Desde una perspectiva ambiental debería implementarse un monitoreo sostenido a lo largo de toda la Isla. Esto permitirá ajustar o rediseñar el plan de abastecimiento actual.

Otro aspecto importante son los diseños de captación. El diseño de un pozo de agua implica determinar su estructura más apropiada y los materiales a utilizar. Un correcto diseño determina un buen rendimiento y larga vida útil ante un costo razonable. Suponiendo que ya está cumplida la etapa de prospección completa, y con los antecedentes suficientes y analizados, el próximo paso es el diseño del pozo de explotación (si hay suficiente información confiable para evitar el pozo de exploración). Es claro que cada diseño es dable para cada registro litológico, no obstante y en base a lo expuesto, sin desmedros de futuros diseños específicos puede proponerse un diseño de captación "tipo". Este se basa en la interpretación del análisis del material litológico obtenido y los datos previos de las captaciones existentes. Se detalla a continuación los materiales que podrán emplearse para la construcción de la captación tipo sobre la base del diseño del Pozo 4 (ver Anexo 4).

La obra tipo podría perforarse en 203.8mm (8'') y luego fue encamisado 152.4mm (6'') de diámetro hasta la base de las arenas eólicas (6-7 m.b.b.p aprox.) con caños de PVC reforzado todo el tramo. Este tramo debería cementarse para asilarlo, a pesar de ser permeable, para evitar el ingreso de niveles muy superficiales. Luego perforar rompiendo el tapón de fondo hasta alcanzar la base de las grabas (13-15 m.b.b.p) en 101.6 mm (4'') proceder a instalar 6 metros de filtro según el caso de 63.5mm (2.5''). Aquí puede optarse por dos materiales. Una opción de menor costos usar filtros de PVC ranurado (en 0.5mm) revestidos de maya REP90. Otra opción, para abastecimiento de agua comunal, es instalar filtros de ranura continua de acero inoxidable de diámetro de 63.5mm (2.5'') y un espaciado de ranura de 0.5 mm. El tapón de fondo de PVC ciego de 1m e igual diámetro. El prefiltro se constituye de grava tipo Paraná de entre 0.8 – 2 mm cubriendo toda la sección desde el aislamiento al fondo de pozo. Atendiendo a variaciones locales de longitudes o las consecuentes de la litología estas indicaciones pueden considerarse orientativas para programar una obra de captación.

Capítulo 10- Conclusiones

En base a los análisis llevados a cabo dentro el área de estudio se arriba a las siguientes conclusiones.

Las principales unidades de interés hidrogeológico coinciden con las unidades geomorfológicas que conforman la Isla Jabalí. Terrazas de acumulación marina, dunas activas e inactivas y paleoalbéferas.

A partir del estudio geoelectrico (SEV sondeos eléctricos verticales) realizado abarcando la totalidad de la zona se identificaron los principales paquetes resistivos. Junto con la información de la campaña de niveles, los datos de perforaciones y la geología relevada, se definió una hidroestratigrafía tipo para la Isla.

Estratigráficamente los depósitos de terrazas de acumulación marina se asignan Formación San Antonio (Angulo et al.1987). Los depósitos de dunas activas como inactivas son correlacionables con los de la Formación Punta Villarino (Angulo et al. 1987).

Subyaciendo esta secuencia Holocena, los datos de pozos ubican a la Formación Rio Negro (Plioceno). En la zona de Punta Rubia Falsa, al sur de la Isla, se observó un afloramiento atribuible a la Formación Baliza San Matías (Angulo et al.) que posiblemente también subyaga la misma. Ambas unidades constituirían el basamento hidrogeológico de la isla.

Se realizaron los correspondientes análisis texturales de las distintas unidades acuíferas con el fin de establecer los elementos necesarios para calcular sus respectivos valores de permeabilidad. Se obtuvo un valor de **0,048 cm/s**, lo que equivale a una permeabilidad **alta** para las terrazas de acumulación marina. Una permeabilidad **alta** para las arenas de dunas de **0,063 cm/s**. Los depósitos de paleoalbéferas arrojaron valores de permeabilidad del orden de los **0,0064 cm/s**, es decir **media a baja**. Los valores para los depósitos de gravas y arenas de la isla corresponden a valores de **permeabilidad alta** con posibilidad de desarrollar **pozos entre 50 y 100 l/s con 10m de depresión teórica** (Villanueva e Iglesias 1984).

Como resultado de los ensayos de bombeo correspondientes, más específicamente, un ensayo de bombeo con pozo de observación, dos ensayos de aforo y uno de recuperación, se obtuvieron los parámetros hidráulicos del acuífero.

Para el ensayo de bombeo a caudal constante con pozo de observación se utilizó el método de interpretación hidráulico para acuíferos semilibres con penetración parcial de Neumann (1974),

obteniendo una transmisividad $T= 112,94 \text{ m}^2/\text{d}$ y un coeficiente de almacenamiento $S= 0.014$ para el pozo N° 8.

En los ensayos de aforo se estimó la transmisividad empelando el método simplificado de Logan (1964), obteniendo valores de $T=123,36 \text{ m}^2/\text{d}$ para el pozo N°8 y $T= 91,66 \text{ m}^2/\text{d}$ para el pozo N° 4. El ensayo de recuperación arrojó un valor de transmisividad $T=112,93\text{m}^2/\text{d}$.

Podemos estimar entonces una transmisividad promedio $T= 110,22 \text{ m}^2/\text{d}$ que resulta la esperada para un acuífero libre/semilibre desarrollado en gravas y arenas con poco espesor saturado.

El coeficiente de almacenamiento $S= 0.014$ se corresponde con el del valor de un acuífero semilibre.

Se clasificaron las aguas subterráneas de la isla según el diagrama de Piper como **aguas bicarbonatadas sódicas a aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas**. Se observó en algunos de los pozos entre los años 2002 a 2010 una variación de aguas bicarbonatadas a aguas cloruradas. Esto se debe a la sobreexplotación de dichas captaciones.

Se obtuvieron medidas de conductividad ($\mu\text{S}/\text{m}$) y se observó un fuerte aumento de los valores desde el centro de la isla hacia sus límites, entre los $1000 \mu\text{S}/\text{m}$ y los $4000 \mu\text{S}/\text{m}$. Se registraron ocasionalmente valores por debajo de los $1000 \mu\text{S}/\text{m}$ y valores extremos por arriba de los $5000 \mu\text{S}/\text{m}$. Estos últimos asociados a exceso de bombeo, o en pozos construidos en depósitos paleoalbuféricos.

El control de los valores de conductividad de las aguas subterráneas de la isla está dado por tres factores: El espesor del acuífero, el material que lo compone y su antigüedad, y la posición respecto de la línea de costa. Cuanto más potente el acuífero, desarrollado en gravas de la Fm. San Antonio y/o arenas de la Fm. Punta Villarino, y cuanto más hacia el centro de la Isla, menor serán los valores de conductividad. Si los sedimentos corresponden a depósitos paleoalbuféricos o a gravas relativamente más modernas, las aguas serán de mayor salinidad.

Se tomaron datos de pH observándose una leve disminución del mismo desde el centro hacia las márgenes de la isla. Esto se asocia a la presencia de carbonatos aportados por las conchillas que forman parte de los depósitos de terrazas de acumulación marina (Fm. San Antonio). La potencia de estas unidades disminuye hacia los límites de la zona de estudio, por ende el contenido de carbonato. Además se suman los efectos del spray marino hacia el Este y la presencia de depósitos paleoalbuféricos hacia el Oeste. Ambos aportan cloruros que tienden a disminuir el pH.

La zona de estudio responde a un modelo hidrogeológico de recarga local con aporte exclusivo de agua por precipitaciones sobre su superficie. El grado alto de permeabilidad de los sedimentos que componen la isla favorece la infiltración.

Las zonas de recarga más importantes coinciden con los altos topográficos ubicados hacia el centro de la Isla, que a su vez se corresponden con los niveles de terrazas de acumulación marina (Fm. San Antonio), en ocasiones con depósitos de dunas (Fm. Punta Villarino) suprayaciéndolos.

La descarga es desde el centro de la isla tanto como hacia el océano Atlántico como hacia el Arroyo Jabalí. El gradiente es algo más pronunciado hacia el litoral marino, aunque en ambos casos relativamente suave.

Durante el desarrollo de la toma de datos se reconocieron diversos impactos o puntos de contaminación potenciales sobre el acuífero San Blas. La explotación de gravas en la cantera San Blas, el basurero de la localidad, el cementerio, las estaciones de servicio, el vertido de efluentes domiciliarios en pozos ciegos y la explotación de agua subterránea constituyen aspectos de riesgo ambiental que deben atenderse adecuadamente en el futuro cercano.

Agradecimientos

En primera instancia agradezco a la Universidad de Buenos Aires, a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y en particular al Departamento de Ciencias Geológicas, por darme la oportunidad de formarme y adentrarme en la disciplina que elegí como estilo de vida.

Muy especialmente, desde lo profesional, académico y personal, a mi director de tesis, el Doctor Adrián Silva Busso, por su compromiso constante, disciplina y extremada paciencia. Actitudes que exceden los límites de este trabajo final y cuya única motivación es la permanencia, desarrollo y evolución de la disciplina que elegimos.

A Bárbara Blanco por acompañarme en mi viaje de tesis, y brindar las bases geomorfológicas sobre las cuales se cimentó el estudio hidrogeológico.

A los vecinos de Bahía San Blas que siempre abrieron las puertas. En particular a Walter Serer, quien desinteresadamente nos llevó a recorrer los lugares más recónditos.

A la cooperativa de Agua de Bahía San Blas por el apoyo en el campo como por la información brindada.

Al Servicio provincial de agua y saneamiento rural (S.P.A.R) por brindar la información necesaria sin trabas ni peros.

Al Instituto Nacional del Agua (I.N.A.) por su apoyo institucional (y escenario de varios encuentros con Adrián).

Por último, a mi familia y amigos, por comprender, acompañar, escuchar, respetar mis tiempos y, simplemente, por estar siempre.

Bibliografía

Álvarez, L.I.; Cuadrado, D.G. y Perillo G.M.E., 2011. Aplicación de un modelo de trazadores lagrangianos en Bahía Anegada, Argentina. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. Vol. 46, Nº2: 199-206

Ambrosini, G.L., 1984. Geomorfología de la Isla Jabalí, departamento de Patagones, provincia de Buenos Aires. *IX Congreso Geológico Argentino*, Actas: 513-519, San Carlos de Bariloche.

Andreis, R., 1966. Petrografía y paleocorrientes de la Formación Río Negro. *Revista del Museo de La Plata*. Nueva Serie 36:230-245.

Angelelli, V. y Chaar, E., 1964. Las arenas de la Bahía San Blas, su investigación por minerales de hierro, titanio y zirconio (partido de Carmen de Patagones, provincia de Buenos Aires). Comisión Nacional de Energía Atómica, Informe Nº122, Buenos Aires.

Angelelli, V. y Chaar, E. 1967. Los depósitos de titanomagnetita, ilmenita y circón de la Bahía San Blas (Tramo Baliza la Ballena-Faro Segunda Barranca), Partido Carmen de Patagones Provincia de Buenos Aires. Comisión Nacional de Energía Atómica, Informe Nº210, Buenos Aires.

Auge, M., 2000. Explotación sostenible de agua subterránea en la Plata – Argentina Primer Congreso Mundial Integrado de Aguas Subterráneas. en CD file: 007 pag: 1-23. Fortaleza, Brasil. ALSHUD. AIH. Pág. 10 – 11.

Auge, M., 2004. Regiones hidrogeológicas. República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fé. La Plata. Pág. 38 – 39.

Auge, M., 2009. el Arsénico en el agua subterránea. La Plata. Argentina. Pág. 14 – 15.

Bianchi Rubí, A. y Cravero, S.A.C., 2010. Atlas Climático digital de la República Argentina. INTA.

- Blanco, B. A., 2012. Geomorfología costera y evolución de la Isla Jabalí y alrededores. Trabajo final de licenciatura, Universidad de Buenos Aires. Biblioteca central FCEN.
- Blarasin, M., Cabrera, A., Bettera, S., Frigerio, C., Pagliaricci, M. 2001. Escenarios e indicadores de contaminación urbana en medio anaerobio y aerobio en el acuífero freático, Río Cuarto, Córdoba, Argentina. En: Medina y Carrera (eds). Las caras del Agua subterránea, 83- 89.
- Bonorino, A.G., Carrica J.C., 1991. Estudio hidrogeológico para provisión de agua al balneario San Bas (Preliminar). Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. (Inédito)
- Código Alimentario Argentino. Capítulo XII, Bebidas hídricas, agua y agua gasificada. Agua Potable. Artículo 982.
- Costa J L 1999. Effect of irrigation water quality under supplementary irrigation on soil chemical and physical properties in the “Southern Humid Pampas” of Argentina. J of Crop Production 2(2):85-99.
- Cortelezzi, C.R.; De Salvo, O. y De Francesco, F., 1965. Estudio de la gravas Tehuelches de la región comprendida entre el Río Colorado y el Río Negro, desde la costa de la Provincia de Buenos Aires hasta Choele Choel. Acta Geológica Lilloana, 6: 65-86. San Miguel de Tucumán.
- Cortelezzi, C.R.; De Francesco, F., y De Salvo, O., 1968. Estudio de la gravas Tehuelches de la región comprendida entre el Río Colorado y el Río Negro desde la costa atlántica hasta la Cordillera. Terceras Jornadas Geológicas Argentinas, 3: 123-145. Buenos Aires.
- Cortelezzi, C.R. y Dillon, A., 1974. Estudio de las variaciones morfológicas y sedimentológicas en las playas de la zona de San Blas, partido de Carmen de Patagones, provincia de Buenos Aires. An. Lemit, 2, serie II, Nº 263:73-79, La Plata.
- Cuadrado, D.G. y Gómez, E.A., 2010. Geomorfología y dinámica del canal San Blas, Provincia de Buenos Aires (Argentina). Latin American journal of sedimentology and basin análisis, volumen 17, n.1 pp. 3-16. La Plata.

- Custodio, E. y Llamas M.R., 1983. Hidrología subterránea Tomo I. Ediciones Omega. Barcelona, España.
- Darwin, C., 1846. Geological observations in South America. En: The Geology of the voyage of the Beagle. Londres.
- Doering, A., 1882. Informe oficial de la comisión directiva agregada al Estado Mayor General a la Expedición al Río Negro (Patagonia). Geología. Parte 3. Buenos Aires.
- Elichiry P., 2002. Evaluación de la sustentabilidad del riego complementario con la aplicación de modelos numéricos de flujo y transporte en la región periserrana de Tandilia, Buenos Aires, Argentina.
- Etcheverría, M.; Folguera, A. y Dal Molín, C., 2006. Hojas Geológicas 4163 - II/IV y I/III. Viedma y General Conesa. Provincias de Río Negro y Buenos Aires. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín N° 366. Buenos Aires.
- Fidalgo, F. y J.C. Riggi., 1970. Consideraciones geomórficas y sedimentológicas sobre los rodados patagónicos. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 25 (4): 430-443. Buenos Aires.
- Folk, R.L., 1959. Practical petrographic classification of limestones: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 43, p. 1-38.
- Folk, R.L.; Andrews, P.B. y Lewis, D.W., 1970. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zeland. New Zeland Journal of Geology and Geophysics 13:937-968.
- Foster S.S.D., 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. In Vulnerability of soil and groundwater to pollutants, TNO Committee on Hydrological Research, The Hauge, Proceedings and Information N°38, p. 69-86.

- Foster, S. S. D. y Hirata R., 1988. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual. Lima, Perú.
- Foster S., Hirata R., Gomes D., D'elía M., París M., (2002). "Groundwaer Quality Potection a guide for water utilities, micipal authoritis, and environment agencies." WHO-PAHO-CEPIS&UNESCO-ROSTLAC-PHI and GW.MATE The Word Bank, Washintong D.C.
- Franchi, M., 1977. Descripción geológica de las Hojas 39m y 40m, Viedma y 39n, Isla San Blas, provincias de Buenos Aires y Río Negro. Servicio Geológico Nacional. Informe inédito. Buenos Aires.
- Frenguelli, J., 1950. Rasgos generales en la morfología y la geología de la provincia de Buenos Aires. LEMIT, Serie II, 3, La Plata.
- González, N., M.A. Hernández y C. R.Vilela, 1986. Léxico Hidrogeológico. Comisión de Investigaciones Científicas de la prov. de Buenos Aires. Publicación Especial, La Plata, Argentina.
- Groeber, P., 1936. Oscilaciones del clima en la Argentina desde el Plioceno. Revista C.E.C.N., Tomo 1, Nº 2. Buenos Aires.
- Groeber, P., 1938. Mineralogía y Geología. Espasa-Calpe. Argentina, 1-492, Buenos Aires
- Hatcher, J.B., 1903. Reports of the Princenton Expeditions to Patagonia, 1896-99. Princenton, New York.
- Hauthal, R., 1899. Sur le Crétacé et le Tertiaire de la Patagonie australe. Revista Museo de la Plata, 10: 43-45, La Plata.
- Hayes, M.O., 1979, Barrier island morphology as a function of wave and tide regime. En Leatherman, S. P. (Ed.), Barrier islands from the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico. Academic Press, pp 1-29. New York, NY.

IGME, 2002. Abastecimientos, aguas subterráneas y nitratos en la provincia de Jaén.

Instituto Nacional de ciencia técnicas hídricas (INCyTH), 1984. Mapa Hidrogeológico de la República Argentina Escala 1:1.000.000-MOSP- INCYTH

INTA, 2008. Atlas de Suelos de la República Argentina. Versión digital, 1:500000.

Johnson, A. I., 1967. Specific Yield – Compilation of Specific Yields for Various Materials. Geological survey water-supply service paper 1662-D. Washington, U.S.A.

Kaaschieter, J.P., 1965. Geología de la Cuenca del Colorado. II Jornadas Geológicas Argentinas, Actas III: 251-269, Buenos Aires.

Keidel, J., 1917-1919. Über das patagonische Tafeland das patagonische Geröl und ihre Beziehungen zu den geologischen Erscheinungen in argentinischenn Andengebiet un Litoral. Deutsch Wiss. Verein, Zeitschr. Bd (1917): 219-245; 311-343; Bd (1918): 53- 59, 139-161; Bd (1919): 1-27.

Kraus y Giebler 2011, en Hidrogeología y cementerios, IGME, 2013

Kronegold, M., 1964. Estudio microscópico de los minerales opacos contenidos en las arenas de la Bahía San Blas, Provincia de Buenos Aires. Comisión Nacional de Energía Atómica. Apéndice del Informe N°122, Buenos Aires.

Kruseman, G. P., De Ridder, N. A., 1975. Análisis y evaluación de los datos de ensayos por bombeo. Holanda.

Martinez, H., Náñez, C., Lizuain, A., Dal Molin, c., Turel, A, 2001. Hoja Geológica 4166-II. San Antonio Oeste, Rio negro. Pág: 15-19.

Martonne, E., 1926. Aréisme et indice d'arité, Comptes Rendus de L'académie des Sciences de París 183 : 1393-1398.

- Mercerat, A., 1893. Contribución a la geología de la Patagonia. Anales de la Asociación Científica Argentina, 36: 65-103. Buenos Aires.
- Merino, L. 1988. Normativa referente a la calidad de las aguas para abastecimiento urbano, de bebidas envasadas, agricultura e industria. Madrid, España.
- Merino, L., de la Losa, A. IGME, 2009. INAQUAS (Utilidad para la interpretación de análisis químicos de aguas subterráneas). Madrid España.
- Nicolli, H. y M. A. Gamba, 1979. Guía para el Muestreo Geoquímico de Aguas y Salmueras. Publ. CNIL. GE, inédito.
- Orellana, E. 1982. Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua. Editorial Panarinfo, Madrid, España.
- Porras, J., Nieto López-Guerrero, P., EPTISA: Alvarez-Fernández, C., Fernández Uría, A., Gimeno, M.V., 1985. IGME. Madrid, España.
- Roth, S., 1898. Apuntes sobre la geología y la paleontología de los territorios del Río Negro y Neuquén. Revista Museo de la Plata. Tomo 9. La Plata.
- Sala, J. M., Gonzales, N., Kruse, E. 1983. Generalización Hidrológica de la Provincia de Bs. As. Coloquio Internacional Sobre Hidrología de Grandes Llanuras. Comité Nacional para el Programa Hidrológico Internacional, Olavarría, Argentina.
- Santa Cruz J. N, (1995). "Tipología General de la Contaminación de las Aguas Subterráneas en el Conurbano Bonaerense". Revista Fundación Museo de La Plata, Vol. 1- Nº 5, pp.68-71, Buenos Aires, Argentina.
- Santa Cruz, J.N., Silva Busso, A, 1999. Escenario hidrogeológico General de los Principales Acuíferos de la Llanura Pampeana y Mesopotamia Septentrional Argentina. II Congreso Argentino de Hidrogeología y IV Seminario Hispano Argentino sobre Temas Actuales en Hidrología Subterránea, Actas Tomo I, pag 461-473, Tucumán, Argentina.

Santa Cruz, J.N., Fresina, M. Silva Busso, A. y Oscar, O, 2000. Metodología Ajustada al Diagnóstico de Afectación Ambiental de las Aguas Subterráneas. Pdo. de Escobar, Buenos Aires. Revista de la AZAGAIA, IAEG, Vol. XIV pag: 137-146, Buenos Aires, Argentina.

Santa Cruz, J. N., Silva Busso, A. A., 2001. Vulnerabilidad del Agua Subterránea y perímetros de protección de pozos en médanos costeros en la provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista AIDIS Ingeniería Sanitaria, Argentina N°55 Pag 47-51.

Saracho M, Segura L, Moyano P, Rodríguez N., 2005. Variación espacio - temporal de la concentración de nitratos en el agua subterránea de la Ciudad Capital, Provincia de Catamarca. IV Congreso Hidrogeológico y III Simposio Latinoamericano sobre temas actuales en Hidrogeología, Río Cuarto 25 -28 de Octubre del 2005, Córdoba, Argentina. En Actas Tomo I pag: 129-139.

Silva Busso, A Y Rouiller G., 2007. "Relación entre la Distribución de Nitratos y la Recuperación Piezométrica en el Conurbano Bonaerense". V Congreso Hidrogeológico y IV Simposio Iberoamericano sobre temas actuales en Hidrogeología, Paraná 16 -19 de Octubre del 2007, Entre Ríos, Argentina. En Actas Tomo I pag: 65-76.

Spalletti, L.; Blasi, A. y Matheos, S., 1986. Estudio composicional de psefitas actuales de la Argentina y su significado tectónico. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 41 (3-4): 356-366.

Thorntwaite, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographic Review 38: 55-94.

Trebino, L.G., 1987. Geomorfología y evolución de la costa en los alrededores del pueblo de San Blas, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 42(1-2):9-22.

Turc, L., 1954. Le bilan d'eau des sols: relations entre les précipitations, l'évapotation et l'écoulement. Ibid. 36-44.

Varnier C y Hirata R., 2000. Contaminação da água subterrânea por nitrato no parque ecológico do Tietê - São Paulo, Brasil. Primer Congreso Mundial Integrado de Aguas Subterráneas. en CD file: 134 Fortaleza, Brasil. ALSHUD.AIH.

Villanueva, M. e Iglesias, A, 1984. Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. Instituto geológico y minero de España. Madrid, España.

Witte, L., 1916. Estudios geológicos de la región de San Blas (Partido De Patagones). Revista del Museo de La Plata XXIV (2º Serie, XII), La Plata.

Yrigoyen, M.R., 1975. Geología del subsuelo y plataforma continental, en: Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires, 6º Congreso Geológico Argentino. 139-168

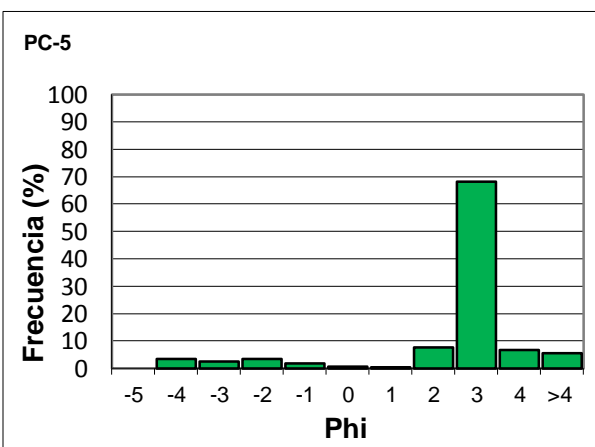
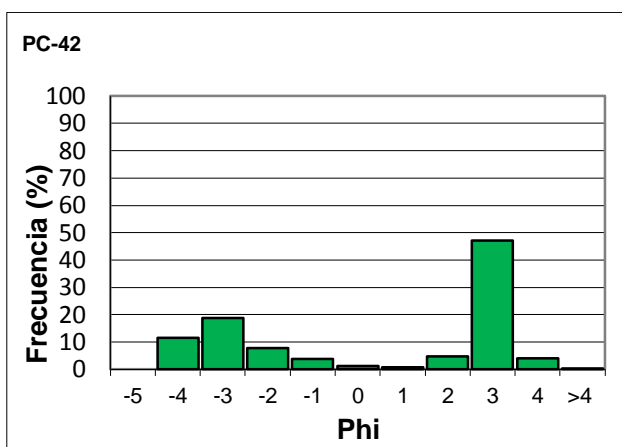
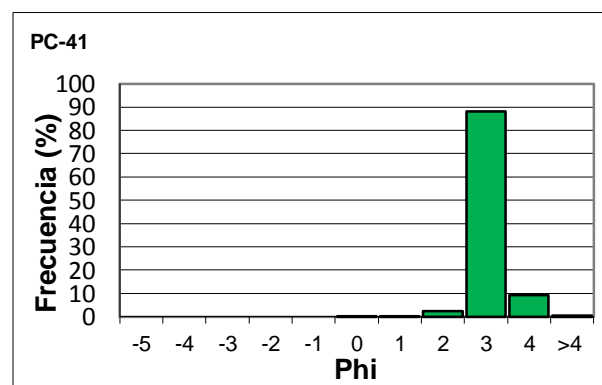
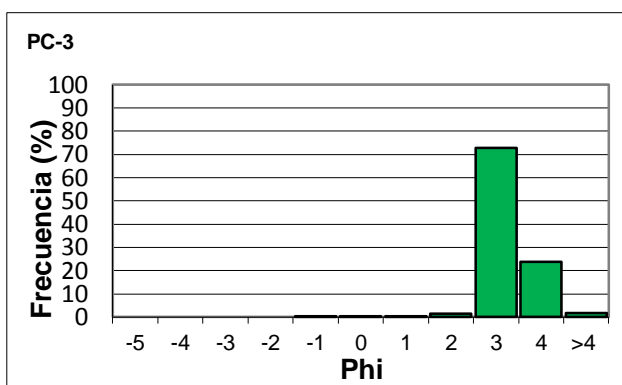
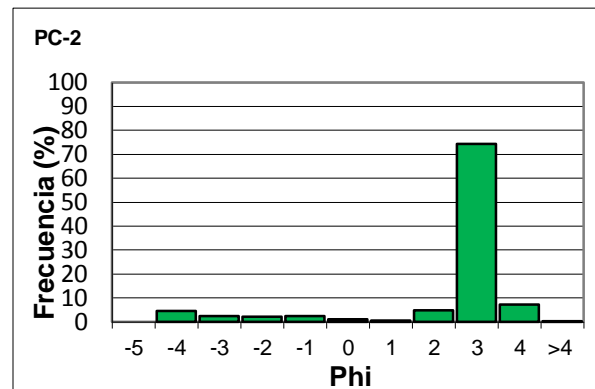
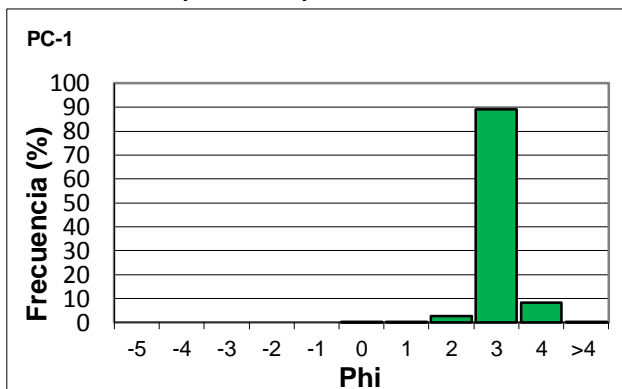
Zambrano, J.J., 1980. Comarca de la cuenca cretácica del Colorado. 2º Simposio de Geología Regional Argentina 2: 1033-1070. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba.

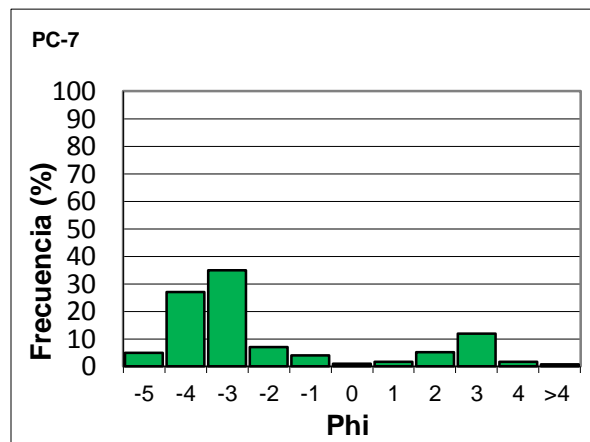
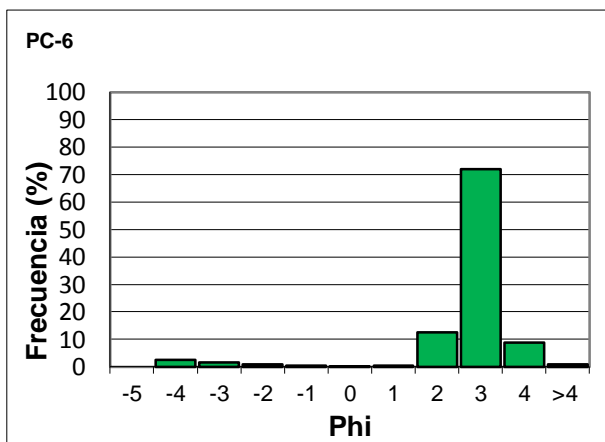
Anexo I: Análisis textural de sedimentos

Histogramas de frecuencia

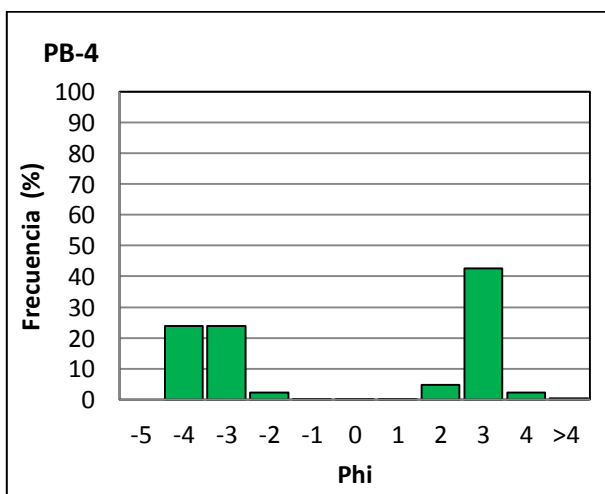
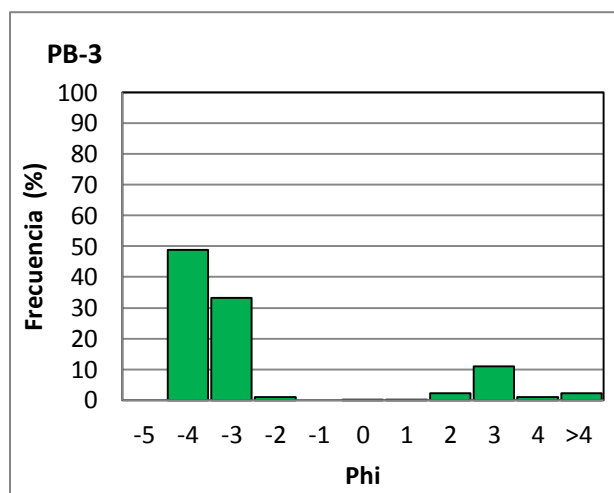
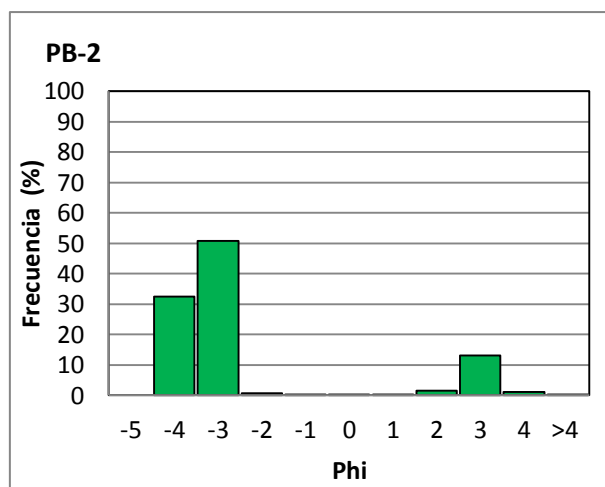
Terrazas de acumulación marina

Perfil Cantera (Terraza II)

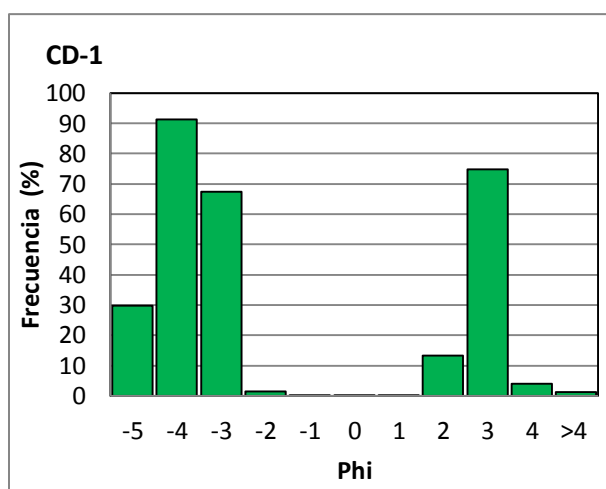
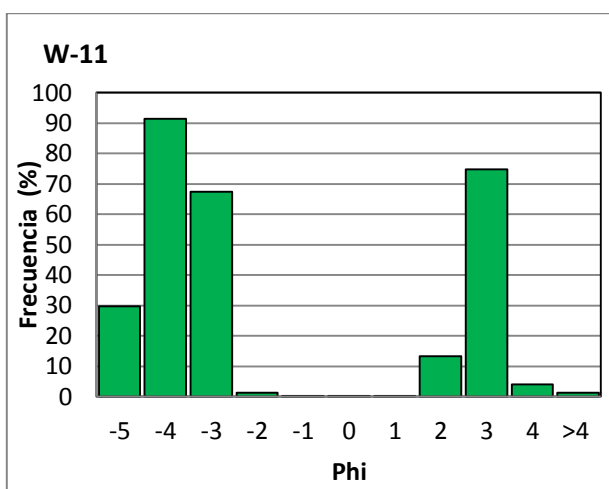
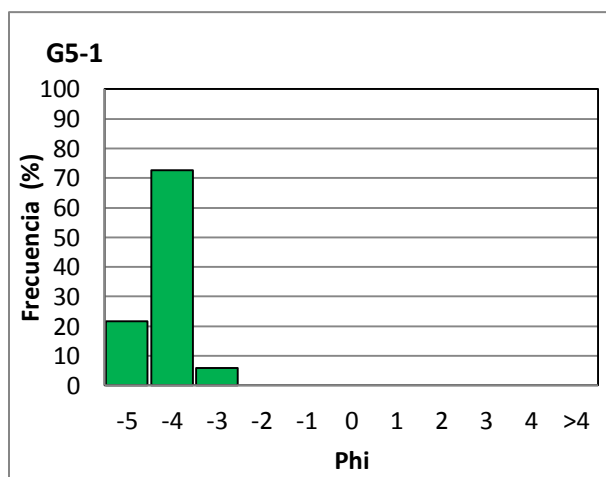
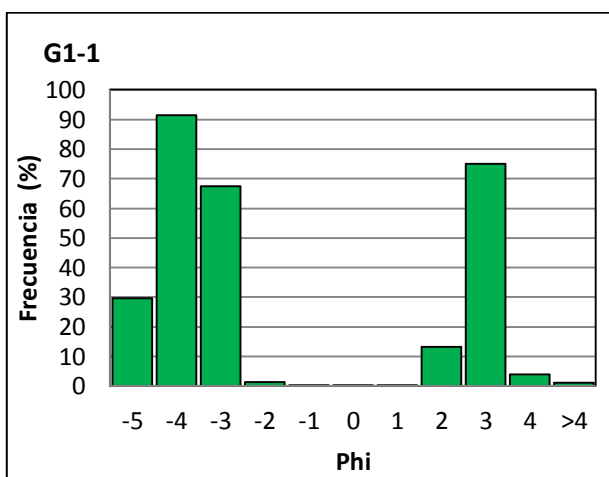




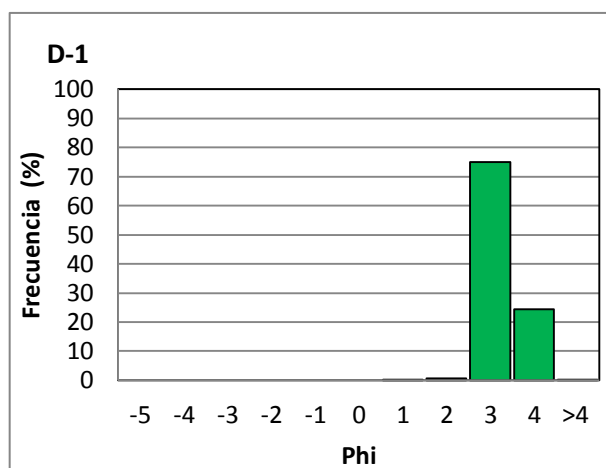
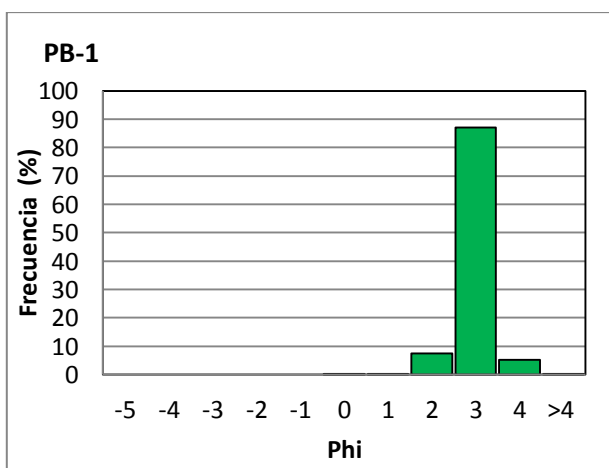
Perfil Barranca (Terraza III)



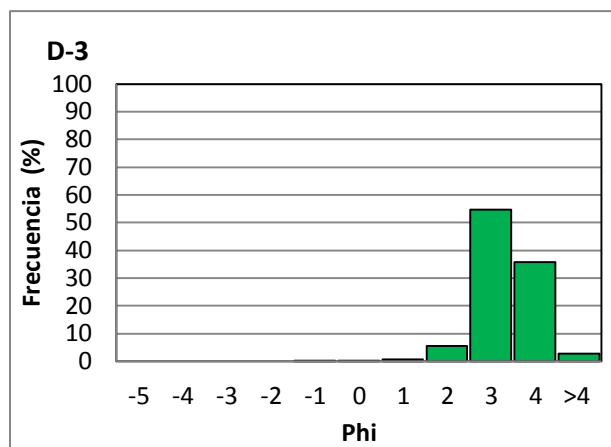
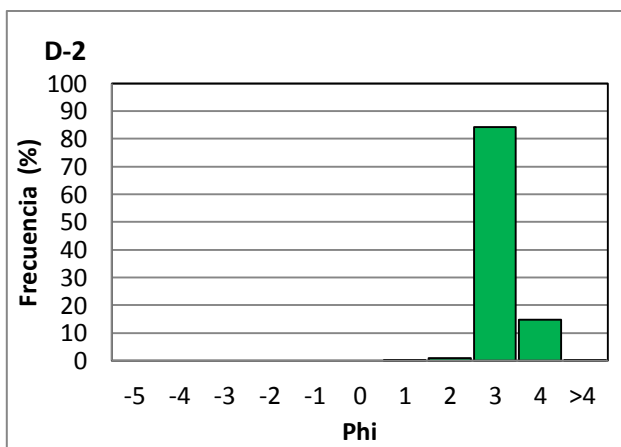
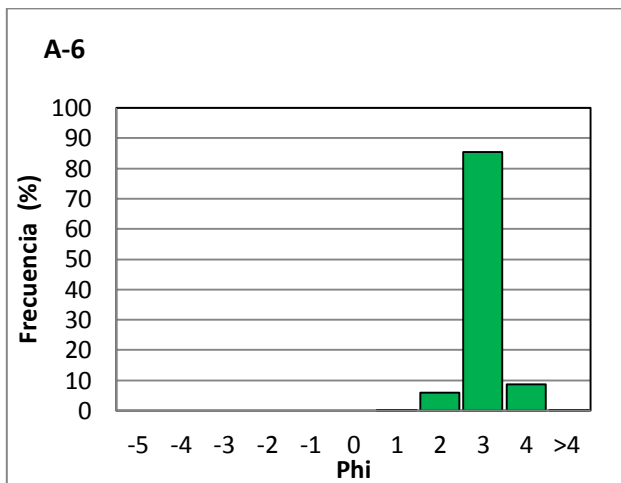
Cordones litorales recientes (Terraza V)



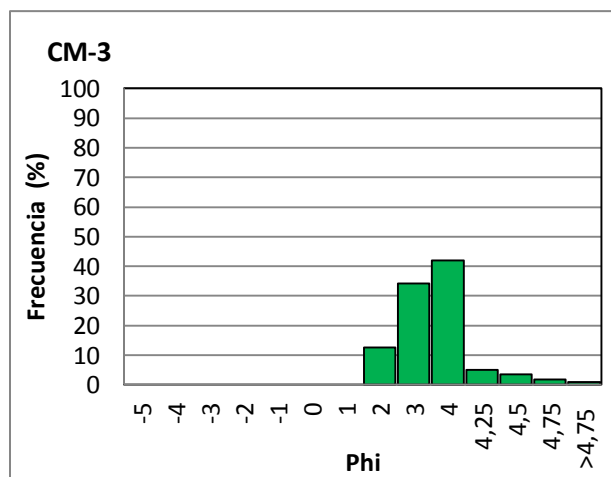
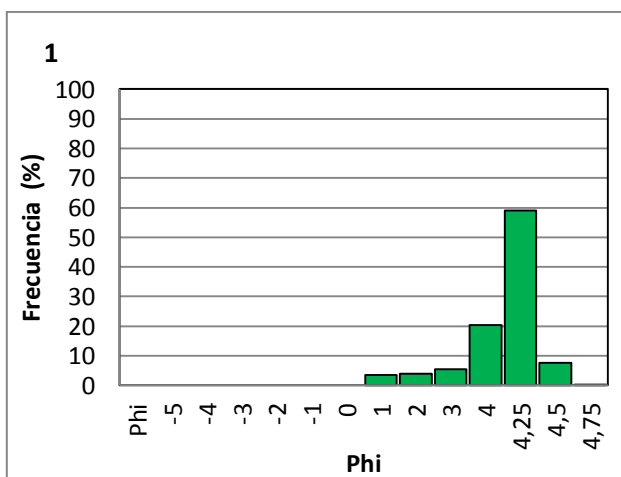
Dunas inactivas

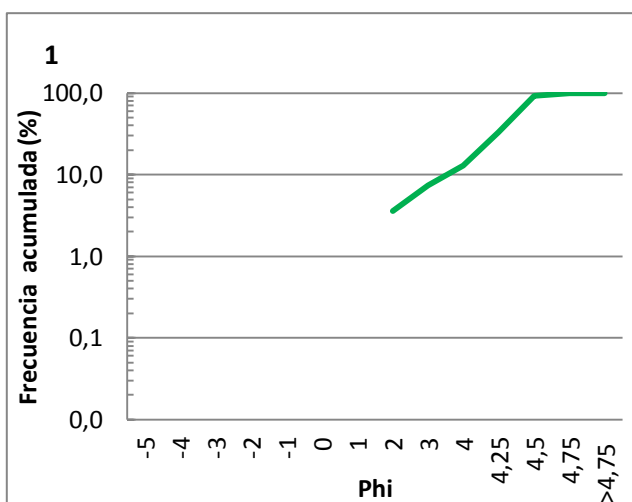
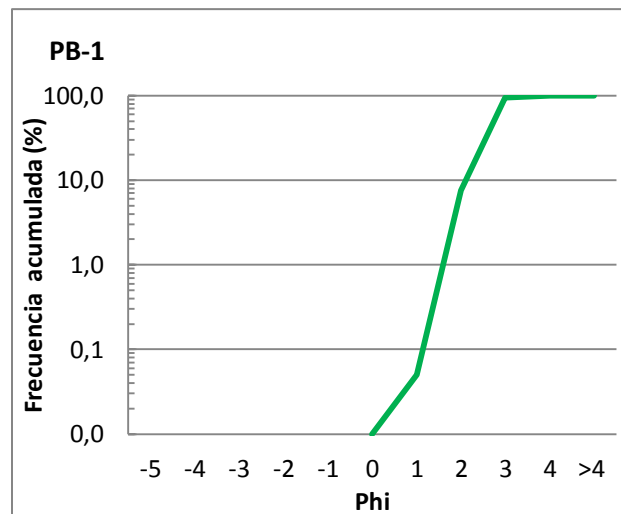
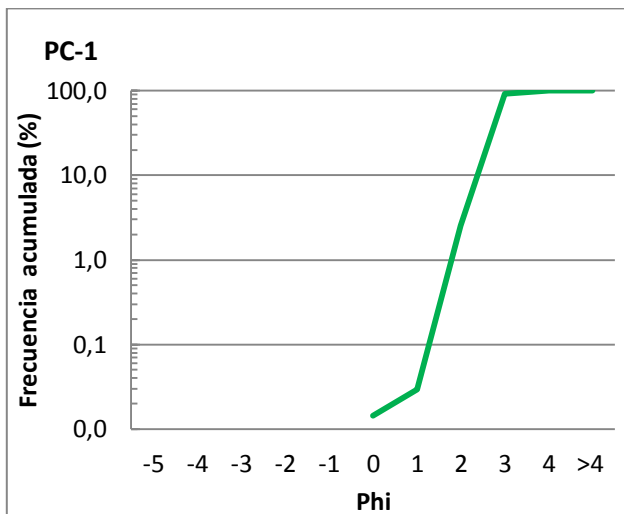


Dunas activas



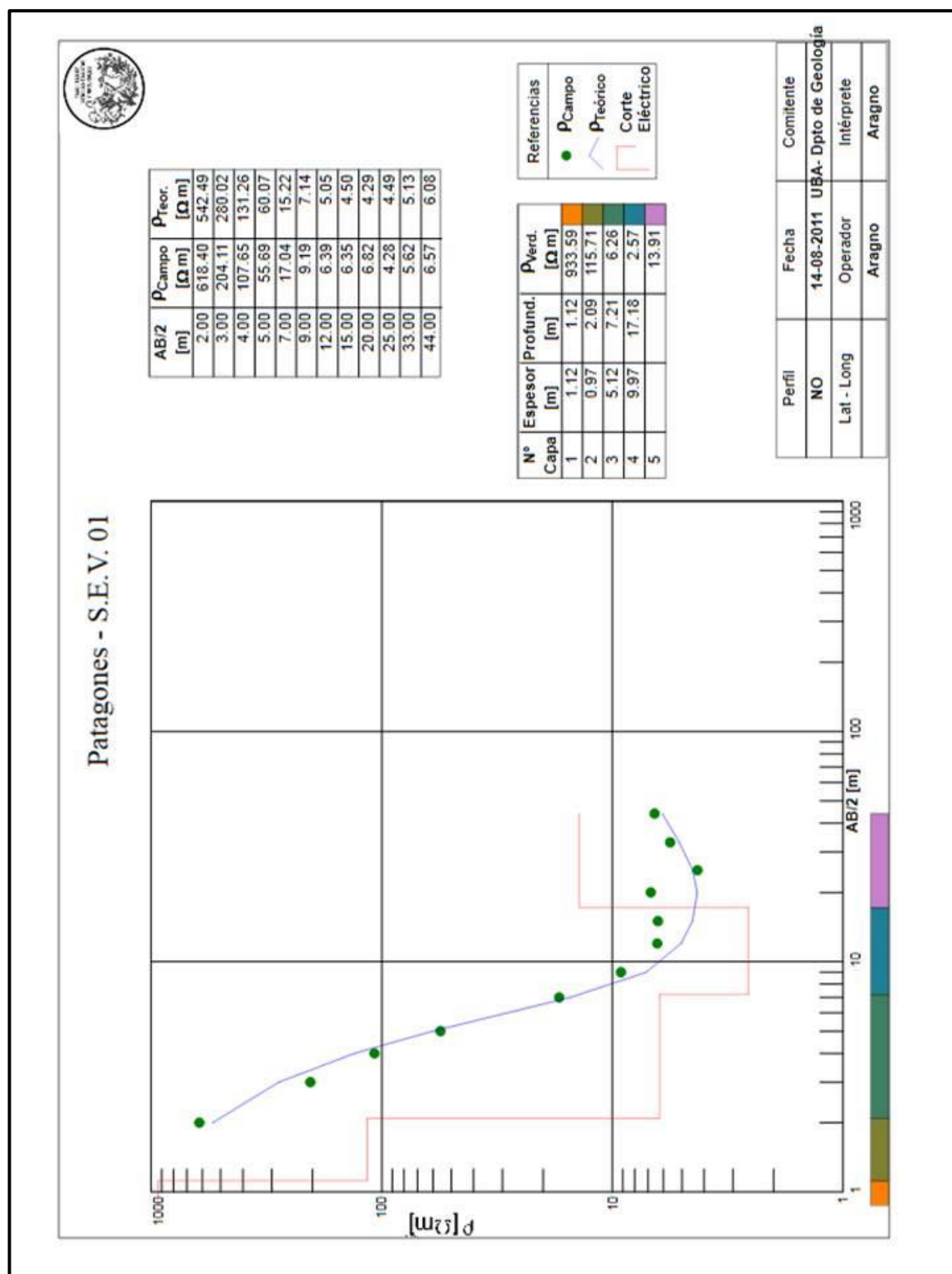
Paleoalbúferas

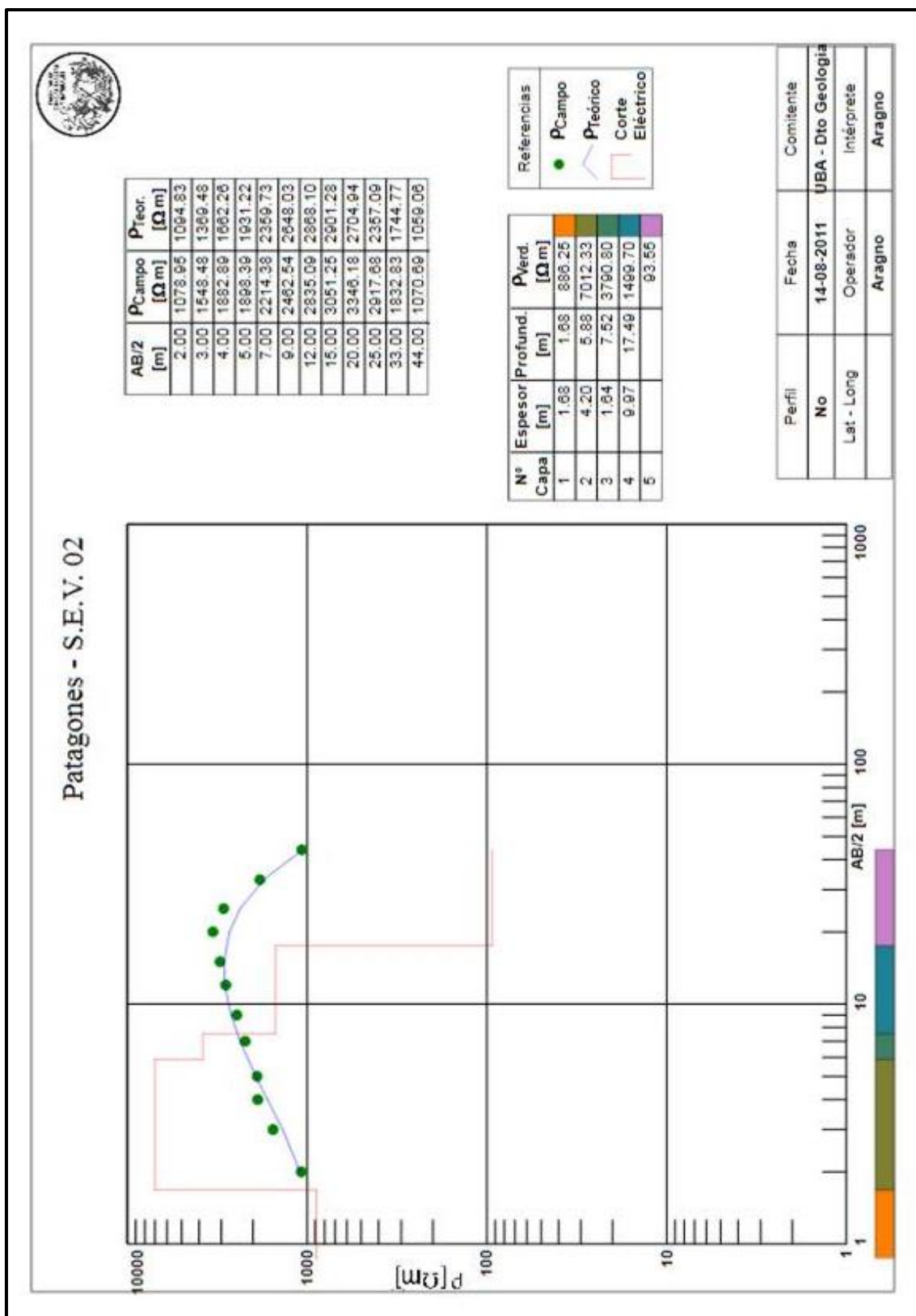


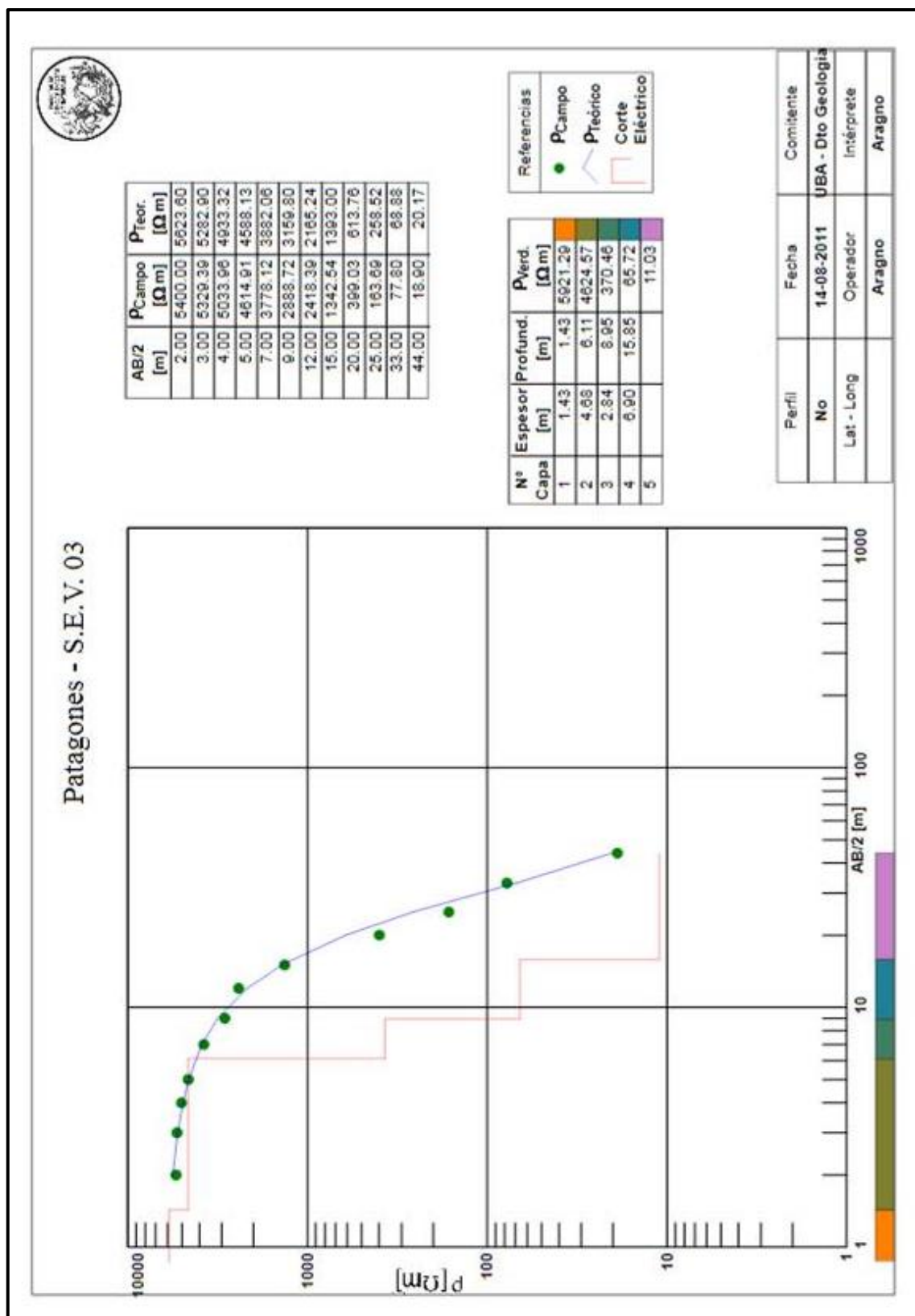
Gráficos de frecuencia acumulada

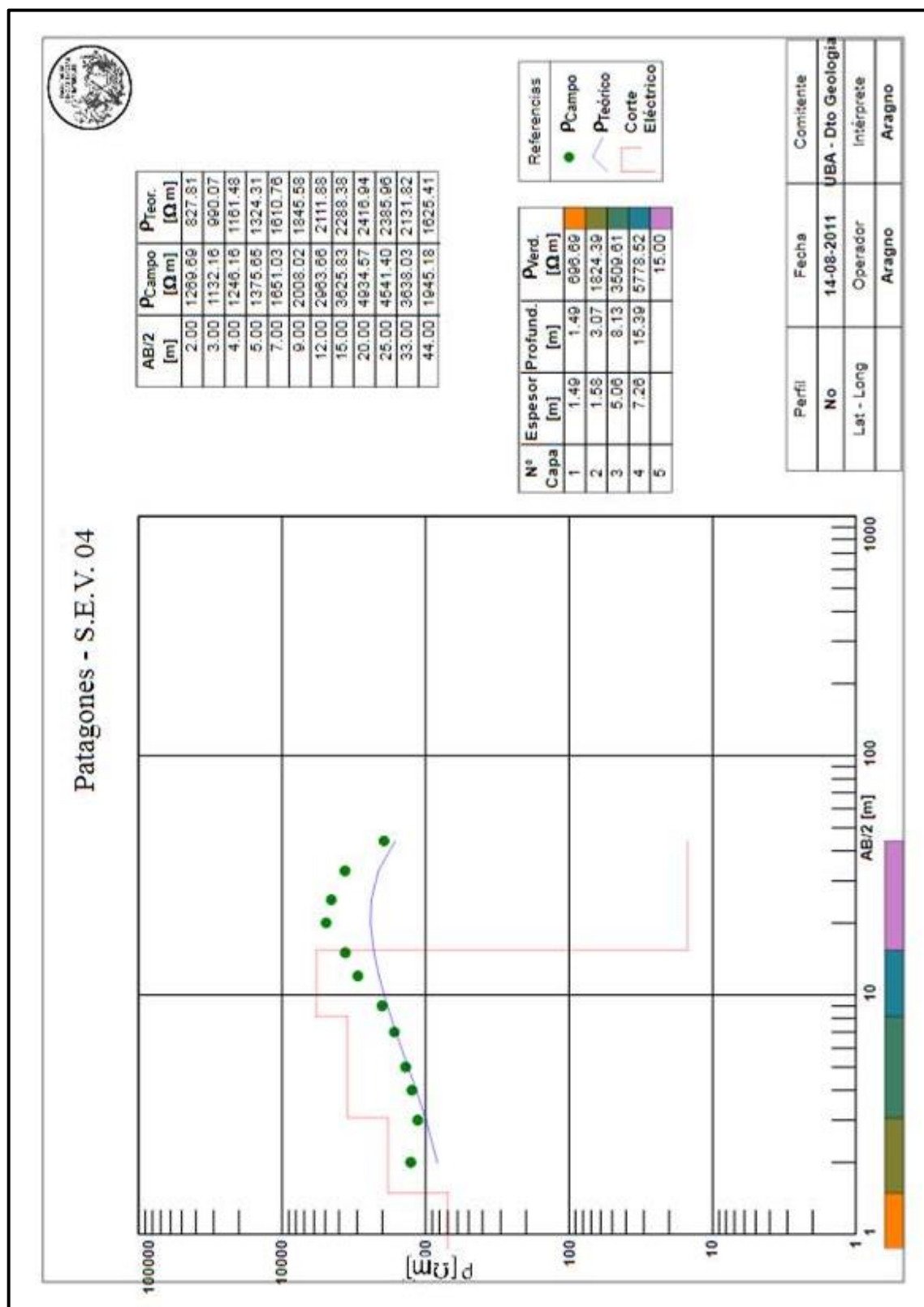
Anexo II: Prospección geoelectrica

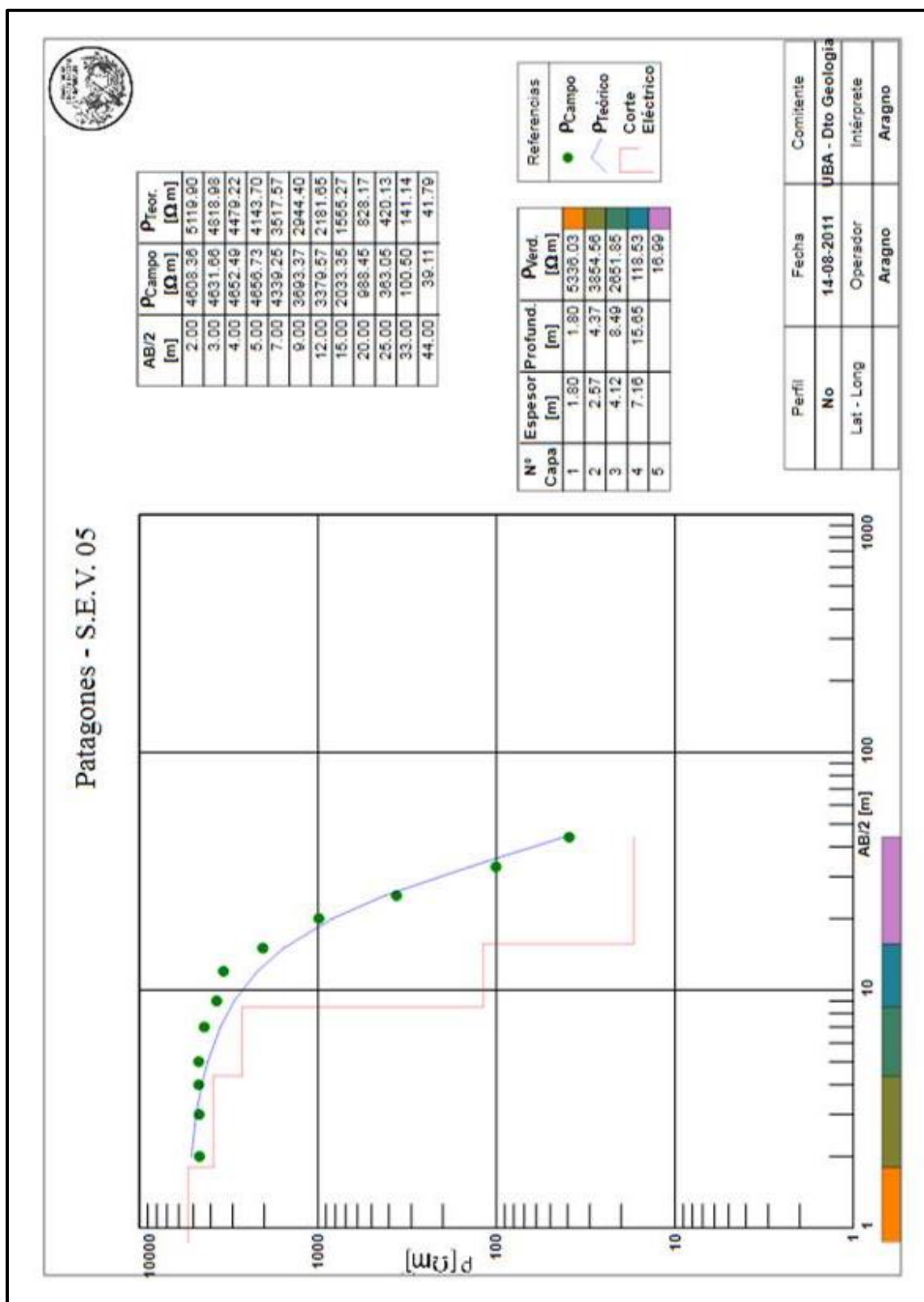
Interpretación de sondeos eléctricos verticales 1 a 19 realizados en la Isla Jabalí

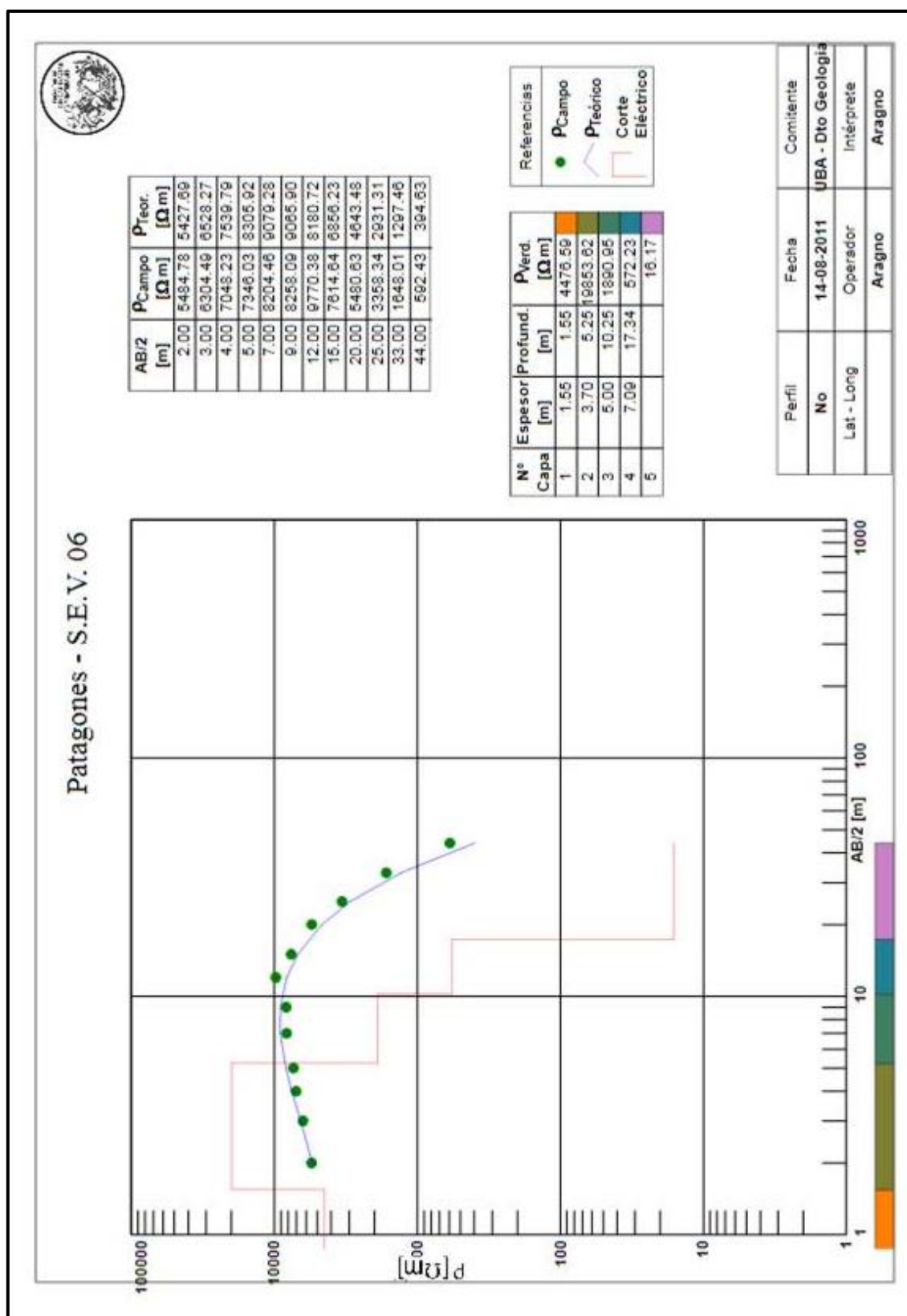


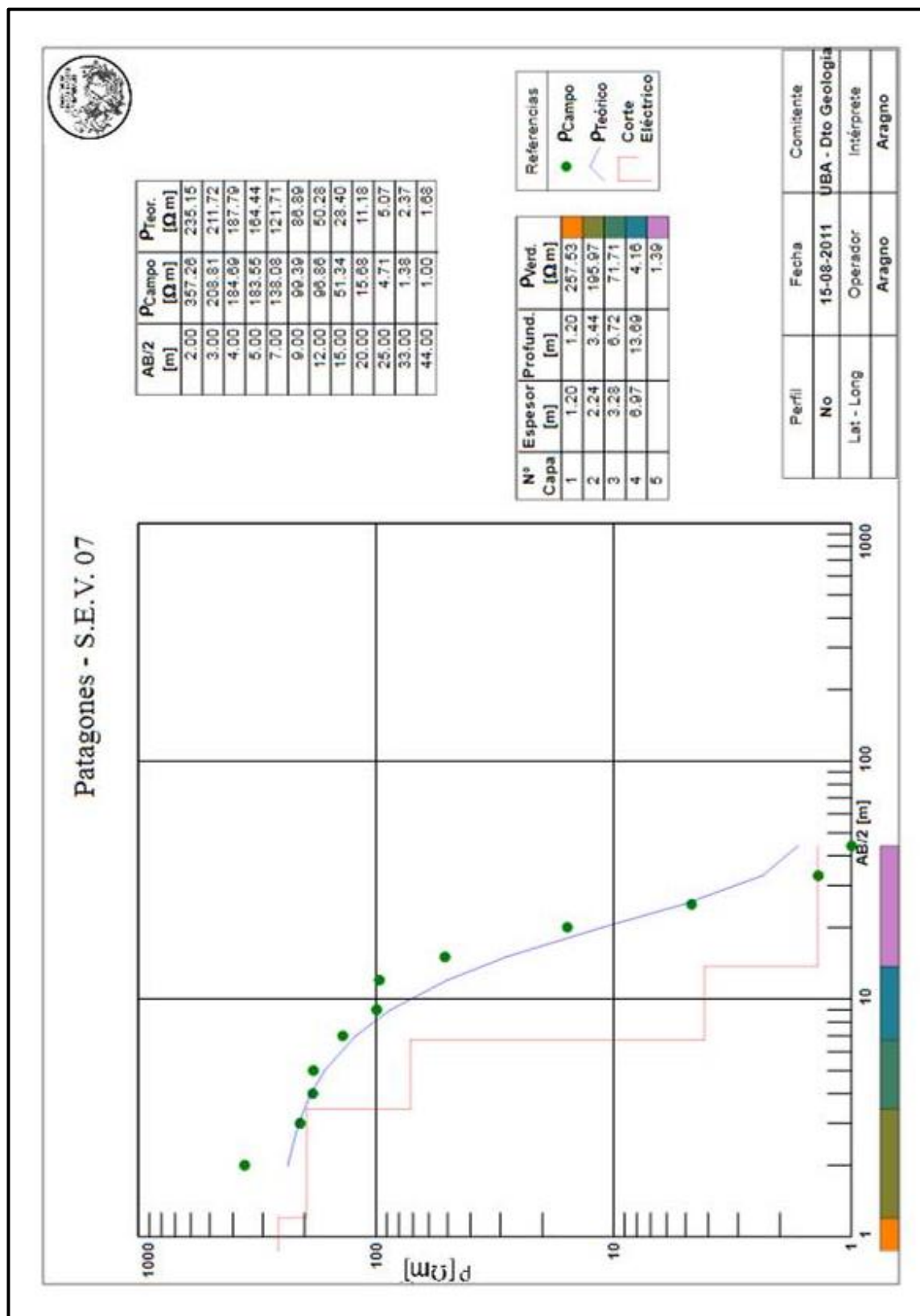


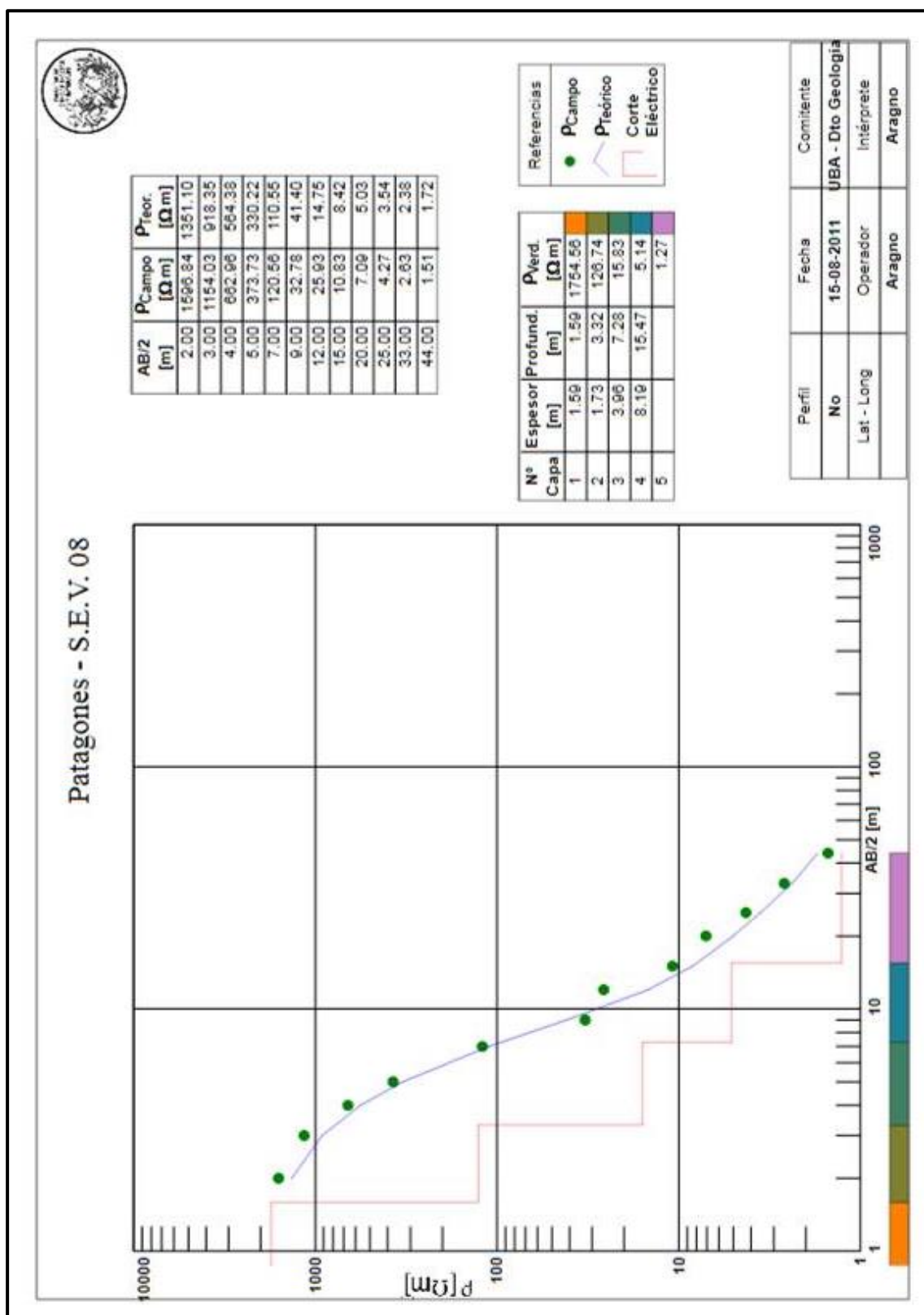


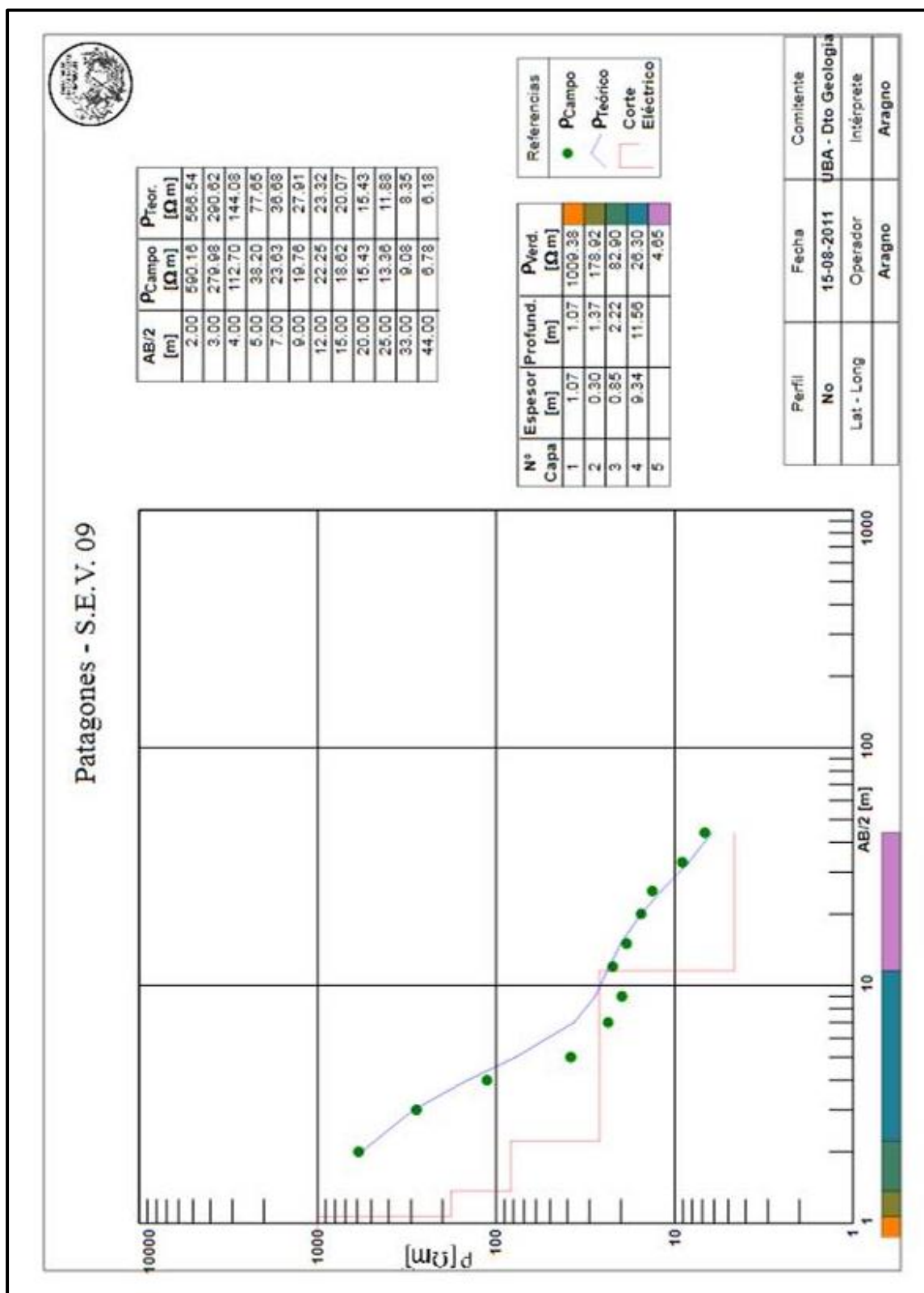


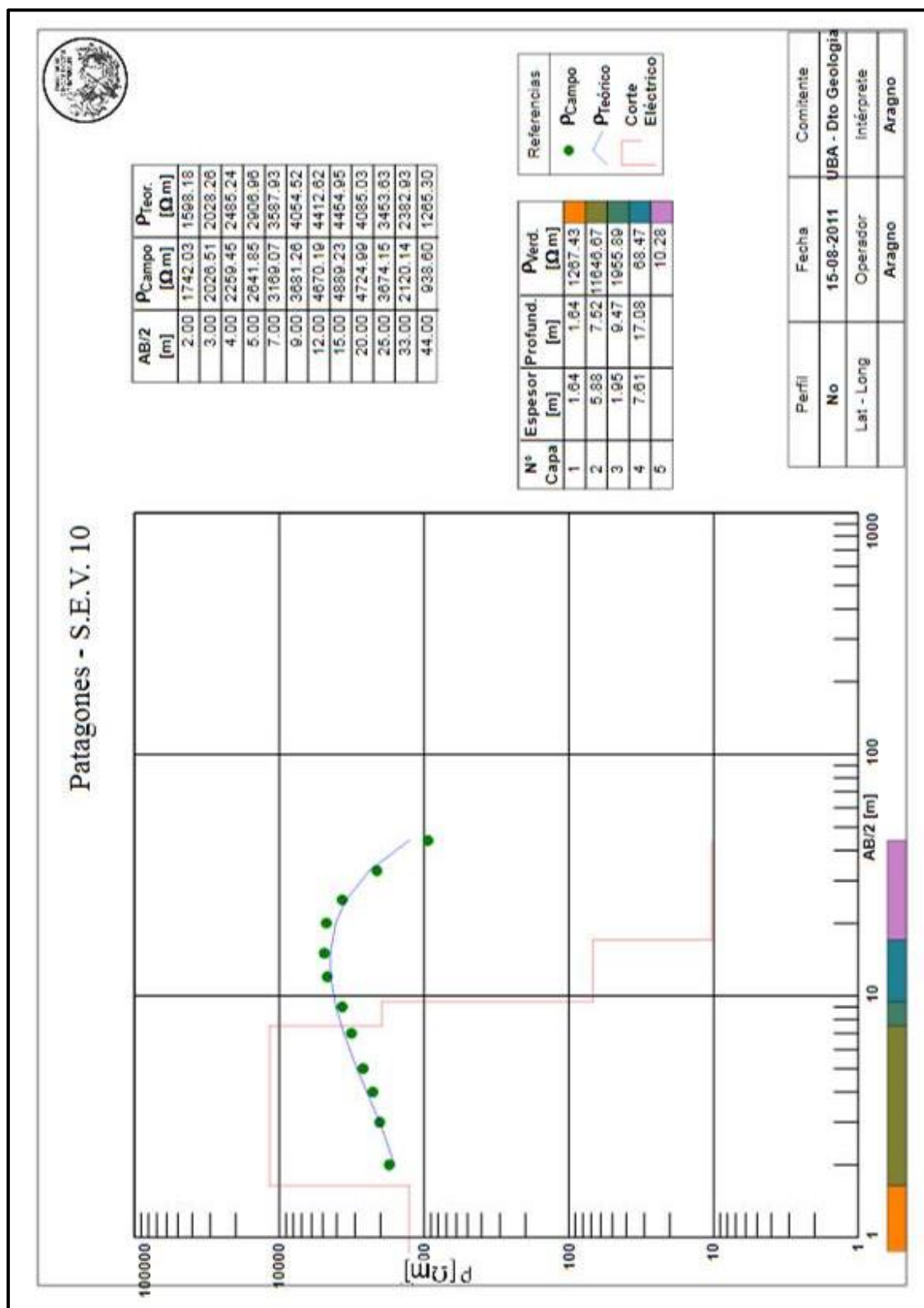


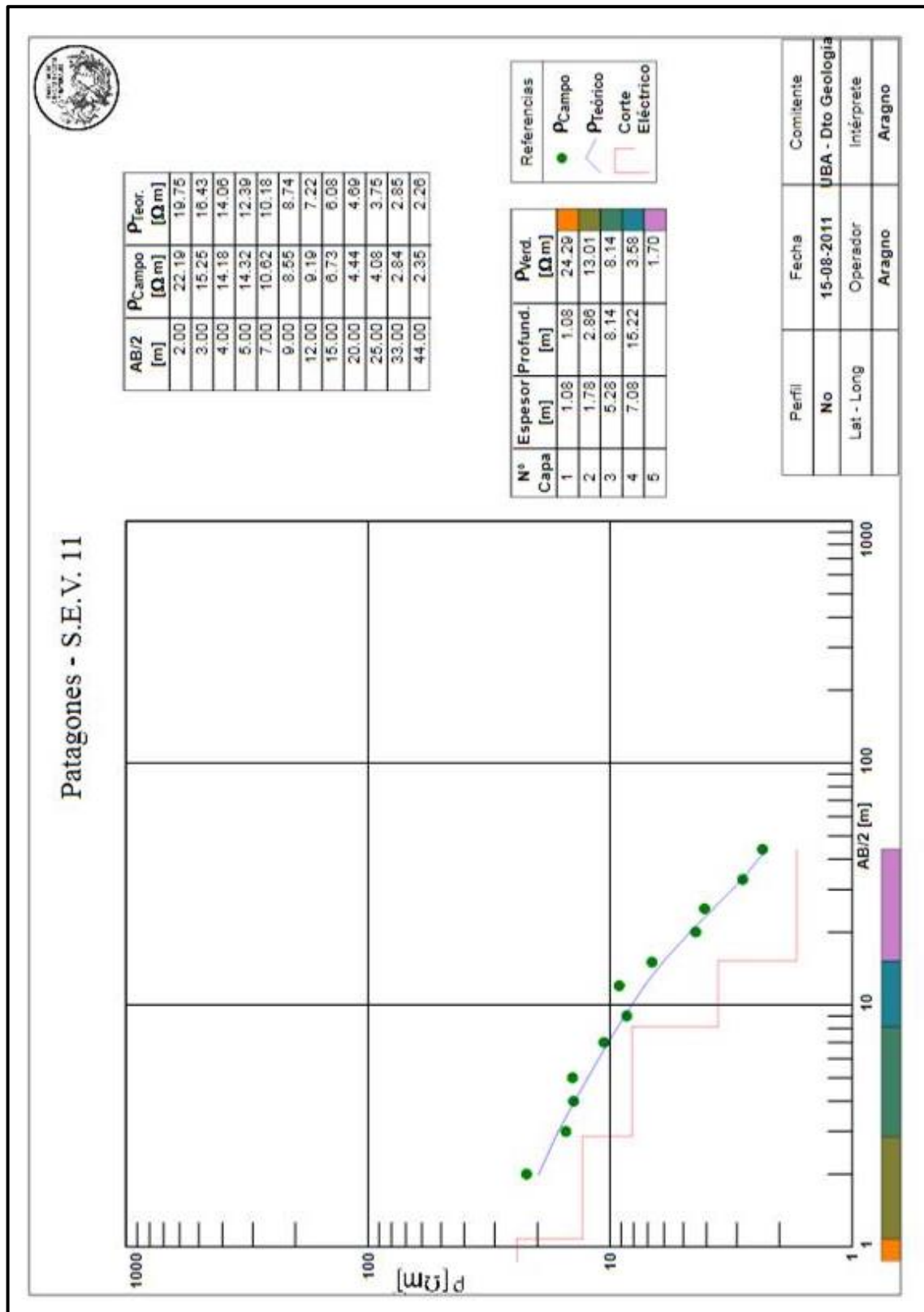


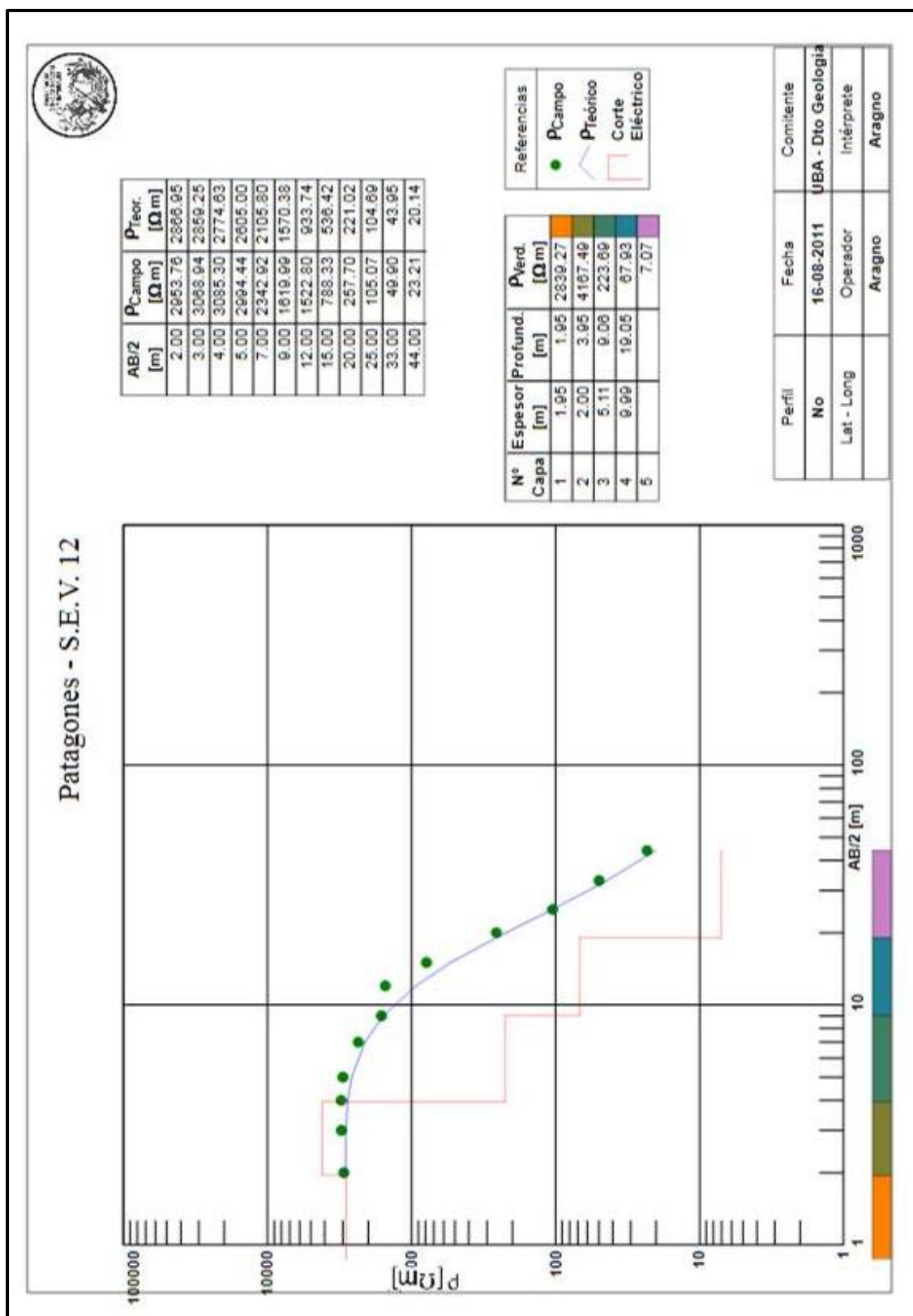


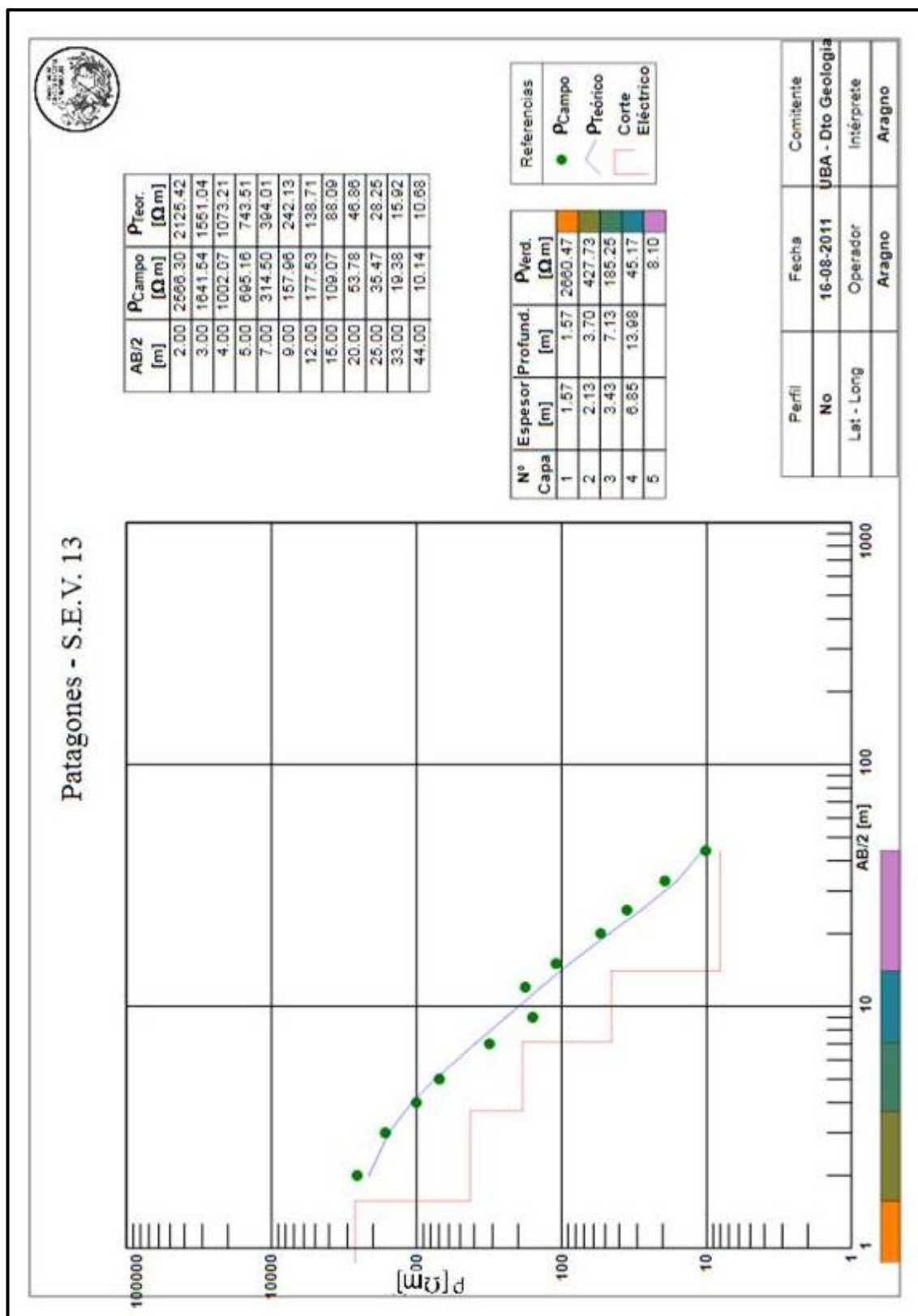












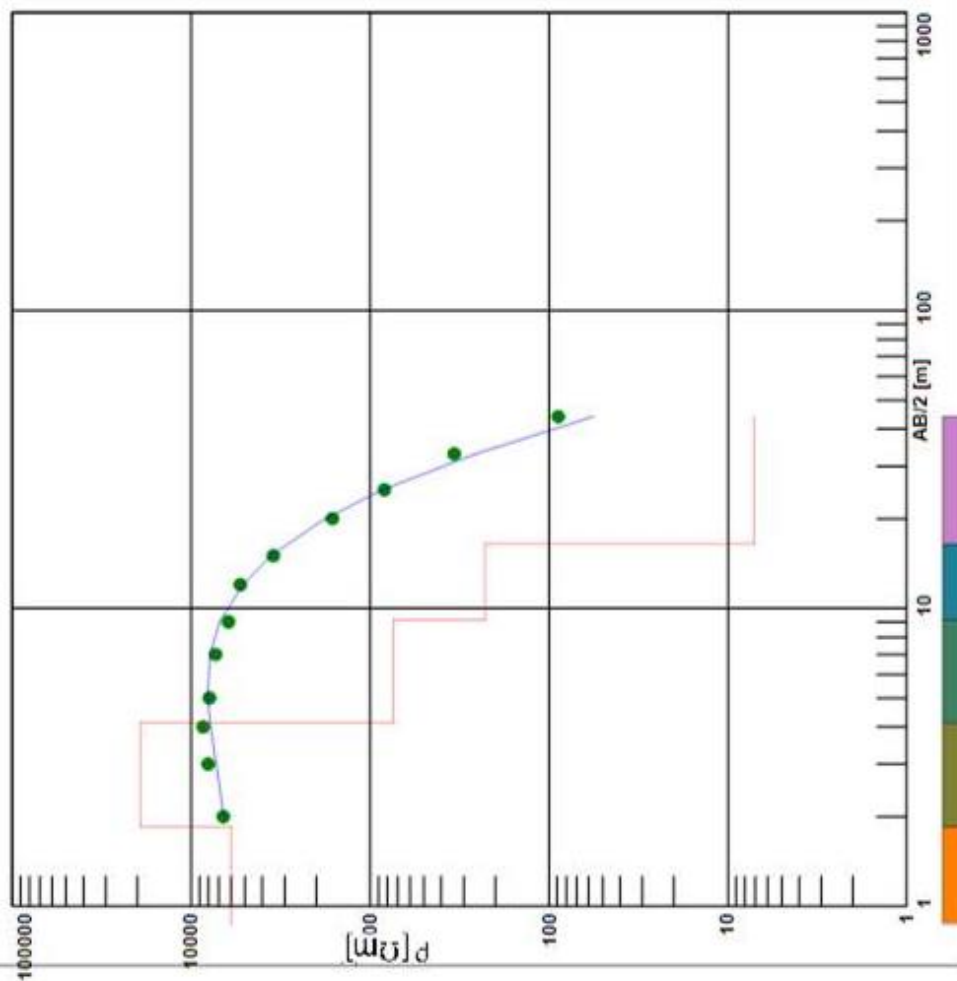
Patagones - S.E.V. 15



AB/2 [m]	ρ_{Campo} [Ω m]	$\rho_{\text{Teor.}}$ [Ω m]
2.00	6613.46	6569.26
3.00	8048.34	7251.81
4.00	8574.12	7614.12
5.00	7912.20	8095.61
7.00	7308.40	7842.90
9.00	6178.33	6913.91
12.00	5314.17	5156.88
15.00	3475.64	3575.21
20.00	1625.22	1783.99
25.00	831.00	848.88
33.00	338.96	256.39
44.00	88.76	56.44

Referencias	
●	ρ_{Campo}
—	$\rho_{\text{Teórico}}$
—	Corte Eléctrico

Nº Capa	Esesor [m]	Profund. [m]	$\rho_{\text{Verd.}}$ [m]
1	1.85	1.85	5998.83
2	2.28	4.13	6218.33
3	4.99	9.12	739.56
4	7.31	16.43	227.88
5			7.11



Perfil	Fecha	Comitente
No	16-08-2011	UBA - Dto Geología
Lat - Long	Operador	Intérprete
	Aragno	Aragno

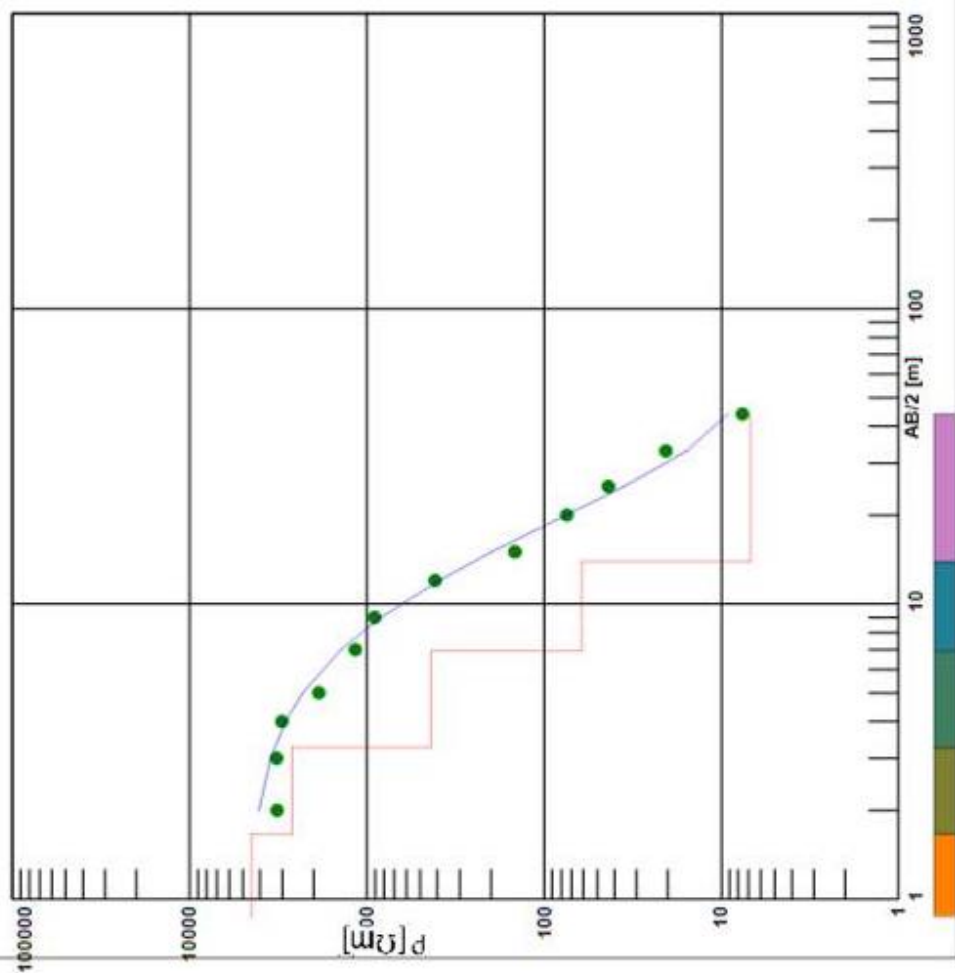
Patagones - S.E.V. 16



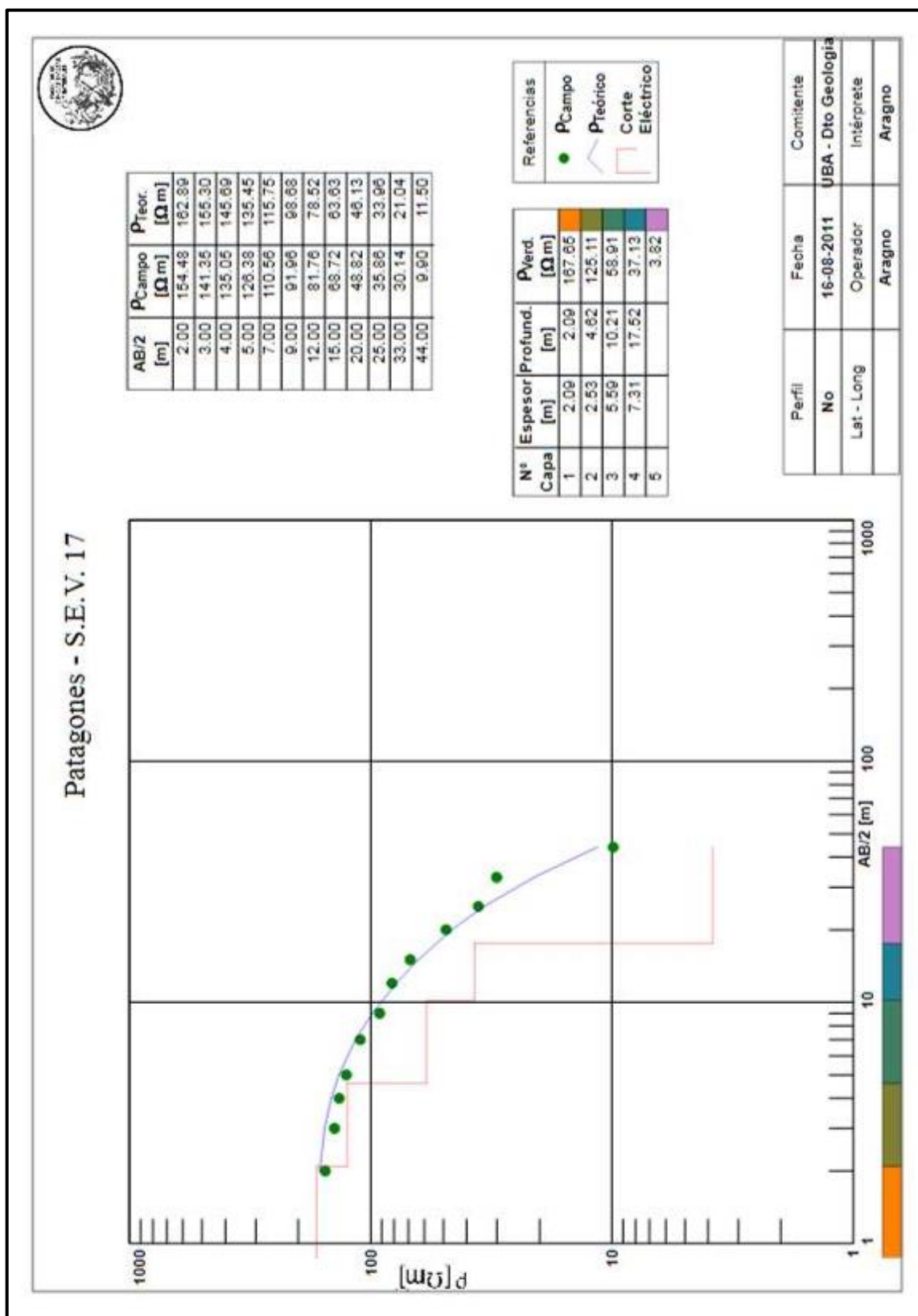
AB/2 [m]	P _{Campo} [Ω m]	P _{Teor.} [Ω m]
2.00	3215.56	4062.04
3.00	3236.22	3497.29
4.00	3020.05	2875.95
5.00	1867.46	2297.11
7.00	1162.39	1397.20
9.00	904.42	831.92
12.00	412.32	391.68
15.00	146.16	167.21
20.00	74.45	75.00
25.00	43.43	35.34
33.00	20.54	15.62
44.00	7.60	9.18

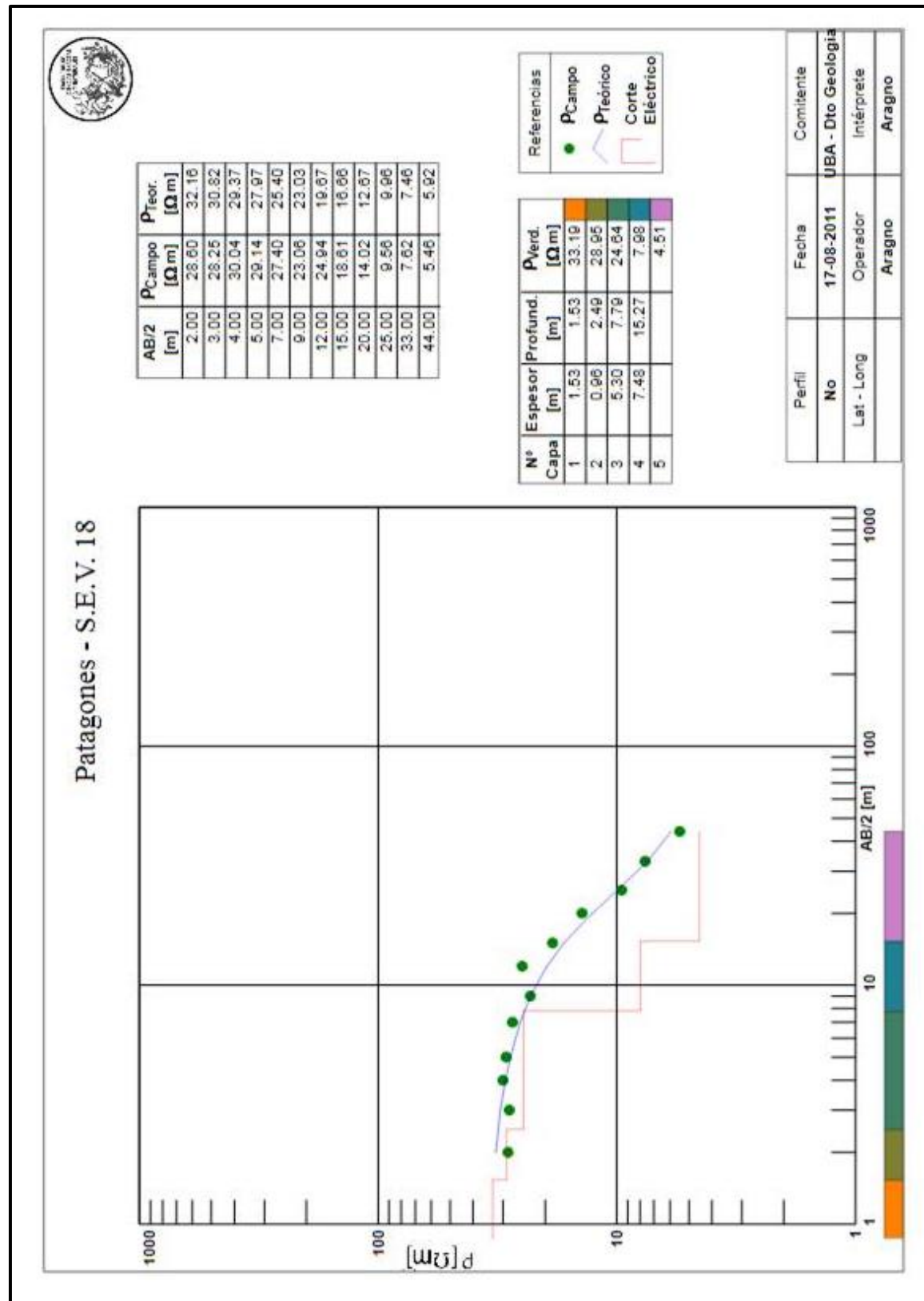
Referencias	
●	P _{Campo}
—	P _{Teórico}
—	Corte Eléctrico

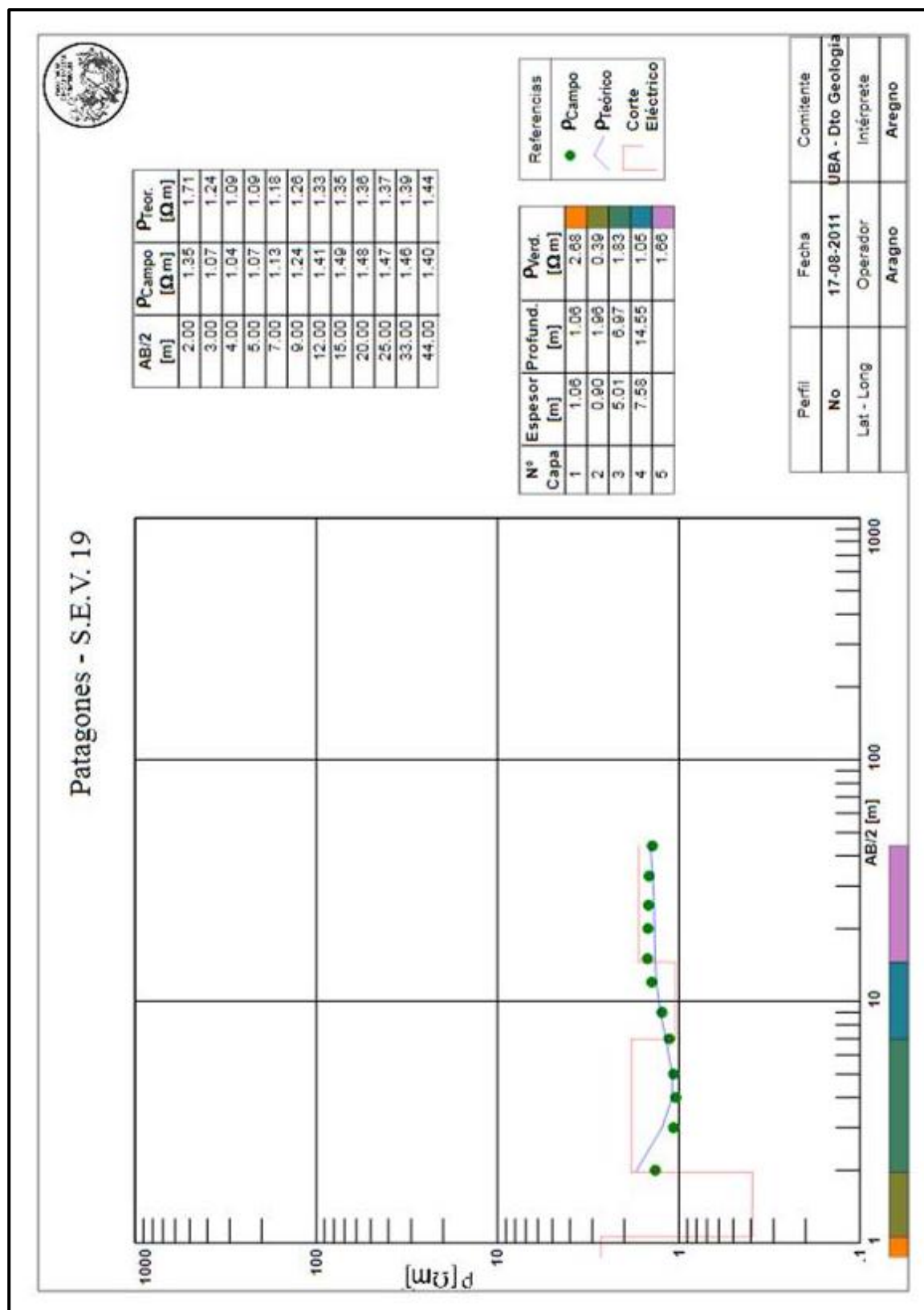
Nº Capa	Espesor [m]	Profund. [m]	P _{Verd.} [Ω m]
1	1.86	1.86	4476.59
2	1.61	3.27	2643.22
3	3.66	6.93	433.86
4	6.97	13.90	61.23
5			6.87



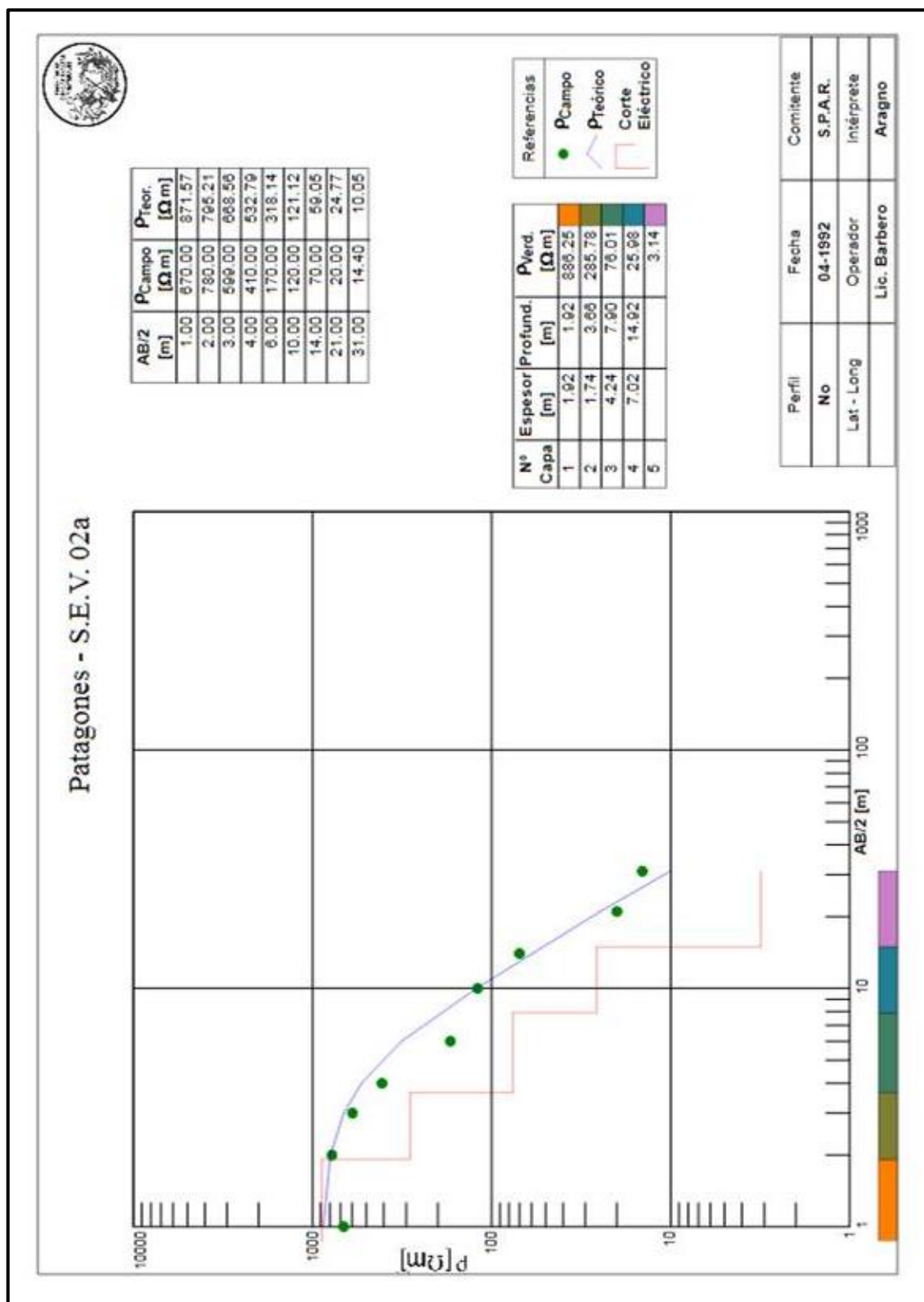
Perfil	Fecha	Comitente
Pozo 4	16-08-2011	UBA - Dto Geología
Lat - Long	Operador	Intérprete
	Aragno	Aragno

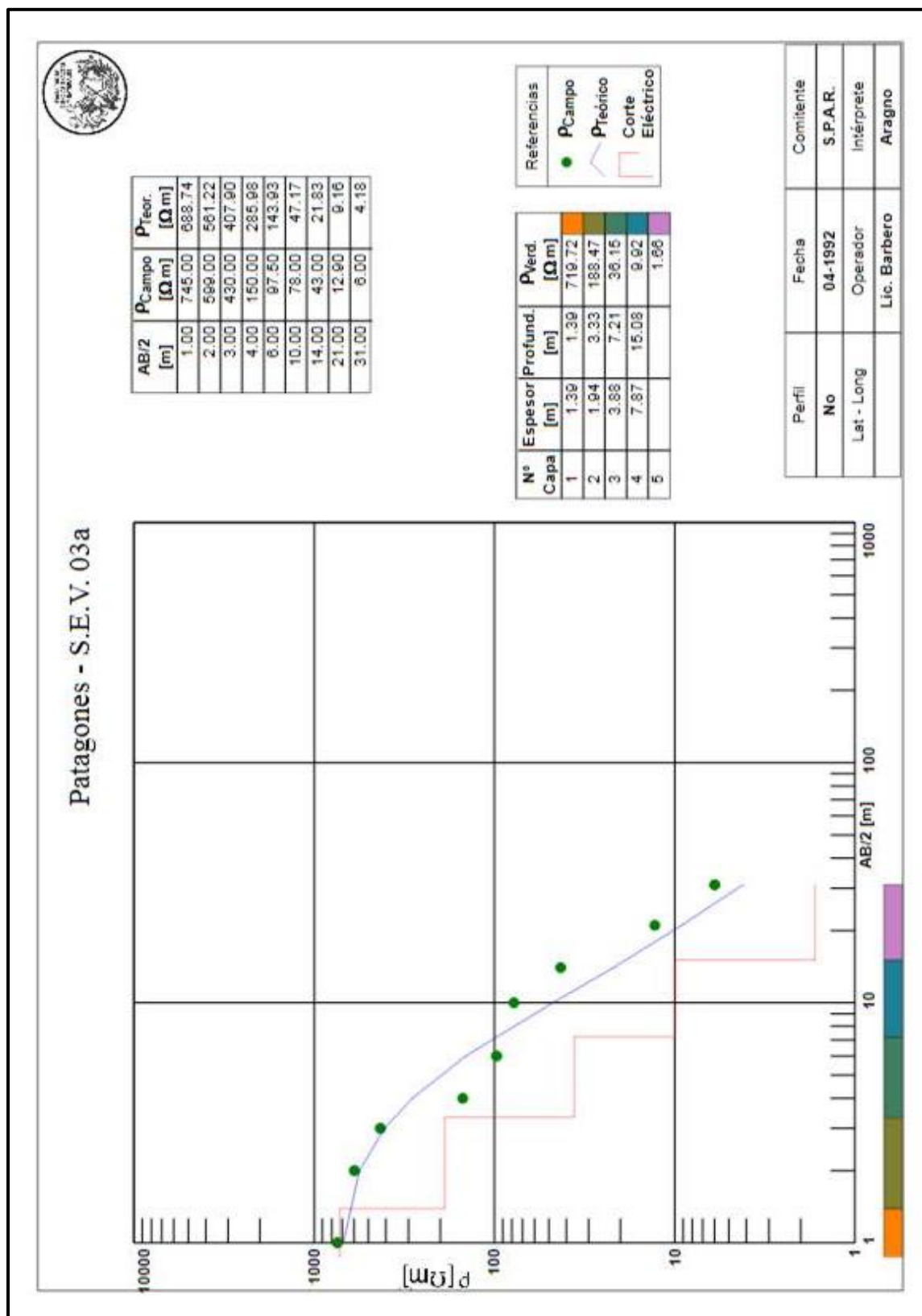


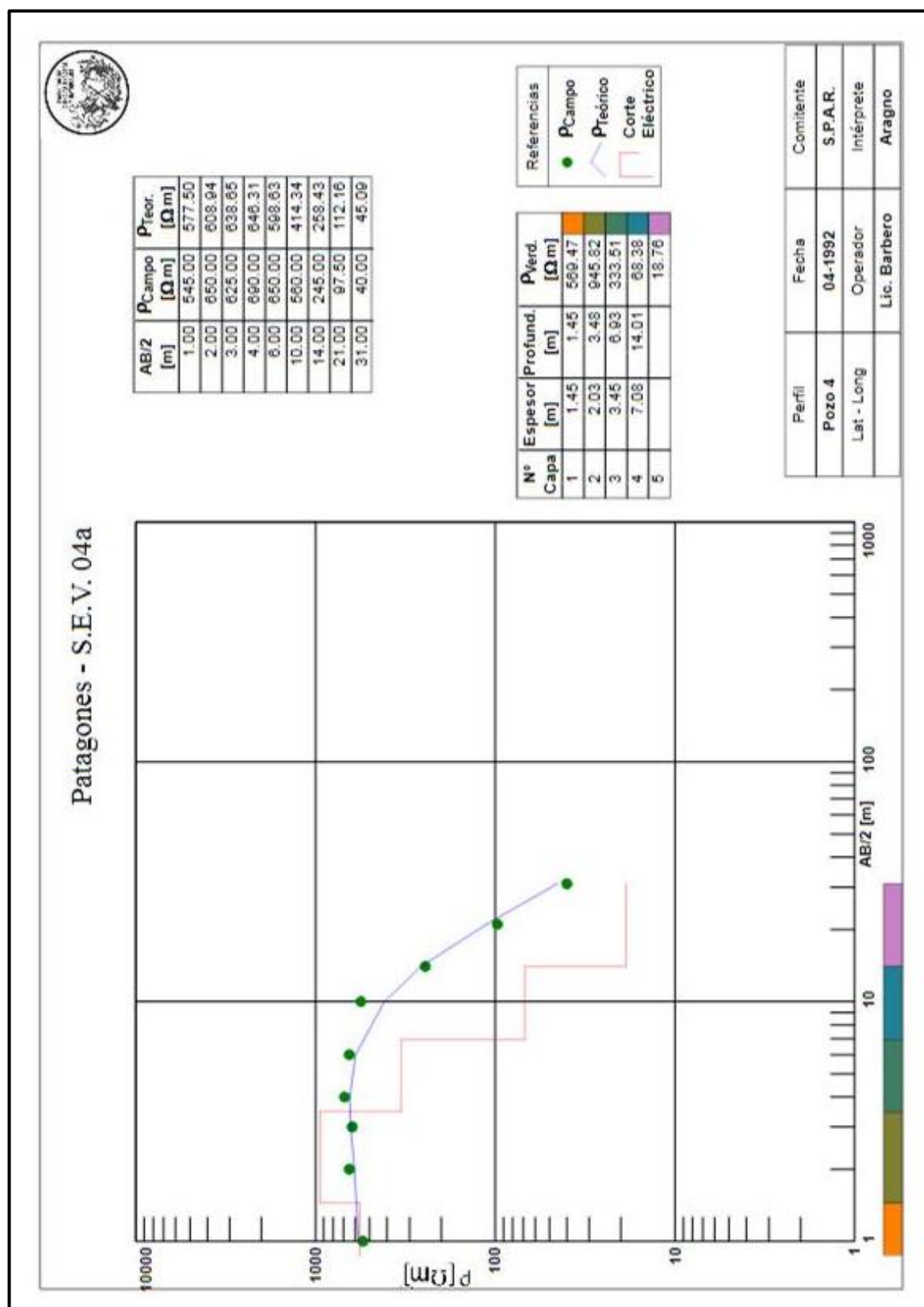




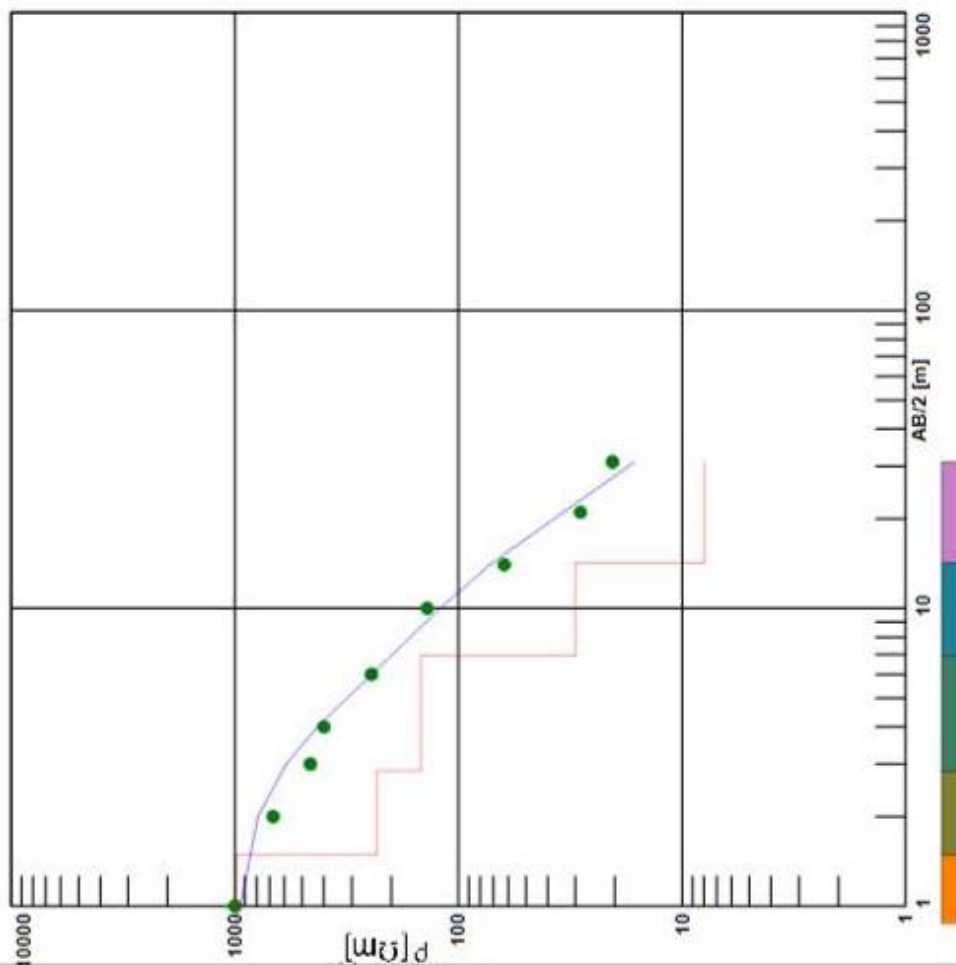
Reinterpretación de sondeos eléctricos verticales 2a a 7a realizados en la Isla Jabalí por el SPAR







Patagones - S.E.V. 05a

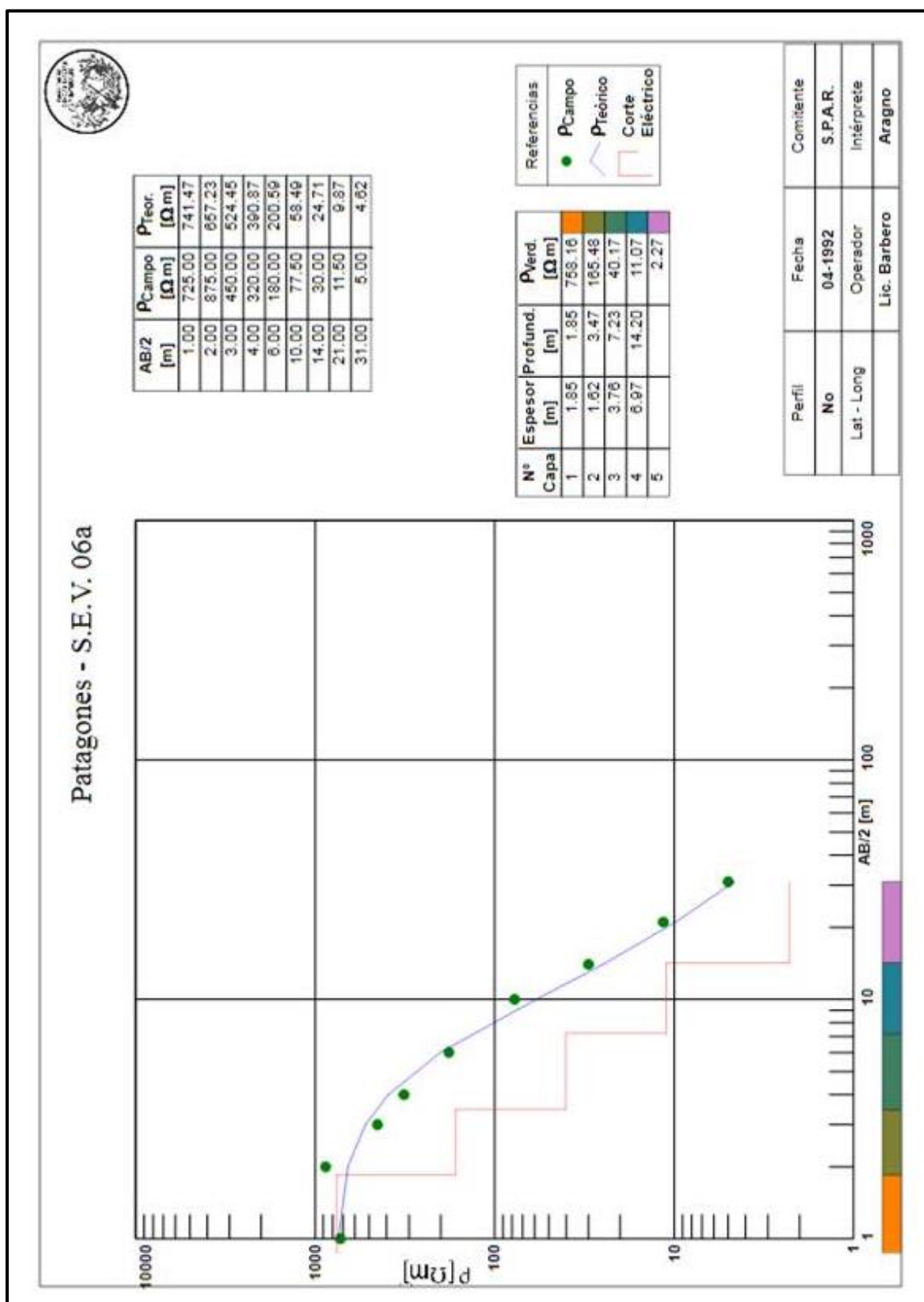


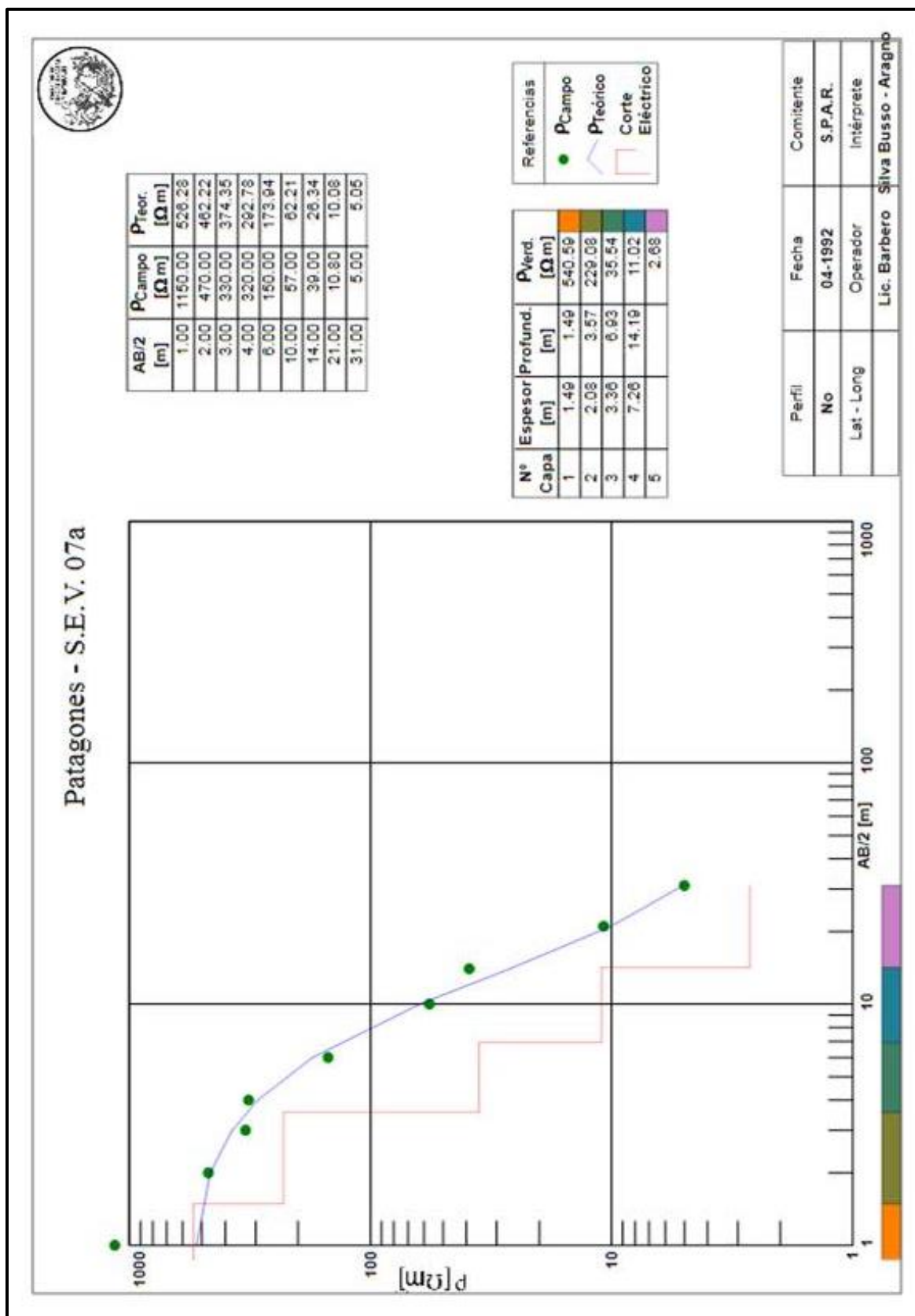
AB/2 [m]	P_{Campo} [Ωm]	$P_{Teor.}$ [Ωm]
1.00	1000.00	946.92
2.00	675.00	789.09
3.00	460.00	589.52
4.00	400.00	427.65
6.00	245.00	244.45
10.00	138.00	120.57
14.00	82.50	72.43
21.00	28.50	34.06
31.00	20.50	16.30

Nº Capa	Esesor [m]	Profund. [m]	$P_{Verd.}$ [Ωm]
1	1.49	1.49	983.46
2	1.36	2.85	232.08
3	4.08	6.93	147.38
4	7.28	14.21	29.95
5			7.98

Referencias
● P_{Campo}
— $P_{Teórico}$
— Corte Eléctrico

Perfil	Fecha	Comitente
No	04-1992	S.P.A.R.
Lat - Long	Operador	Intérprete
	Lic. Barbero	Aragno





Anexo III: Hidroquímica

Análisis químicos Obras Sanitarias 1985

Provincia de Buenos Aires
Municipalidad de Cien Faltas

ADMINISTRACION GENERAL
DE OBRAS SANITARIAS

ANALISIS FISICO - QUIMICO DE AGUA

PATAGONES - (BAHIA SAN BLAS) -

EMPRESA "MAQU-KO S.R.L." - (CALLE 2290 1874-LA PLATA)

Muestras extraídas por: Pnal. de la Empresa -

ANAL. nº	FECHA de EXTRACCION	LUGAR de EXTRACCION	CARACTERES ORGANOLEPTICOS				DETERMINACIONES QUIMICAS (mg/l)									
			Color	Olor	Repec to	Sedi ment Co	pH	Alcali- linal total, re CO3Ca	Cl ⁻	Oxigeno total F ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Sul- fido COND	SO ₄ ⁻²	V	Otras detera-
45008	8-7-85	POZO 2 (Inic.)	INC	INO	LIM	NULO	8,0	300 0,03	160	90 0,7	2 0,01	796		29	0	-
45009	"	" (Final)	"	"	"	"	8,1	305 0,03	167	95 0,7	2 0,01	811		31	0	-
45010	"	POZO 3 (Inic.)	10	"	85	ABUN	7,5	215 0,02	206	250 0,5	120 0	818		45	0	-
45011	"	" (Final)	INC	"	LIM	NULO	7,6	225 0,02	177	260 0,55	120 0	822		42	0	-
45012	"	POZO 5 (Inic.)	15	"	100	ABUN	7,6	170 0,03	131	175 0,75	7 0,02	575		36	0	-
45013	"	" (Final)	10	"	65	"	7,7	175 0,03	131	175 0,75	7 0,02	579		36	0	-
45014	"	POZO 6 (Inic.)	15	"	60	"	7,8	235 0,02	259	115 0,4	2 0,01	804		20	0	-
45015	"	" (Final)	INC	"	LIM	NULO	7,8	250 0,02	255	125 0,4	2 0	839		19	0	-
45016	"	POZO 7 (Final)	"	"	"	"	7,7	215 0,02	177	270 0,6	3 0	703		38	0	-
45017	"	POZO 8 (Inic.)	"	"	"	"	7,5	210 0,02	213	360 0,3	50 0	770		43	0	-
45018	"	" (Final)	"	"	"	"	7,4	220 0,02	195	370 0,3	50 0	780		40	0	-

Análisis nº 45010-011-Exc. Nitroto.- nº 45012-013-014.- Previsión Clarificación -

OBSERVACIONES:

Lic. Bos. EDUARDO COTRAN

LUGAR: PATAGONES

FECHA: 11/08/85

LABORATORIO: N° 1

Análisis químicos Bonorino 1991

IACA LABORATORIOS
San Martín 68 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: BONORINO ALFREDO G. Informa: 11026012
Indicado por: SR. BONORINO ALFREDO C. Fecha: 26/10/91

ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA
Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: San Blas 03

Color	-	
Turbiedad	-	
Conductividad a 25 °C	3439	µS/cm
pH (Potenciométrico)	7.63	
Sólidos disueltos totales - 105 °C	-	mg/l
Dureza total (CaCO ₃)	220	mg/l
Alcalinidad total (CaCO ₃)	450	mg/l
Cloruros (en Cl)	925	mg/l
Sulfatos	140	mg/l
Calcio (en Ca)	-	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	25,00	mg/l
Nitritos (en N)	0,01	mg/l
Amonio (en NH ₄)	0,07	mg/l
Fluoruros (en F)	0,7	mg/l
Arsénico (en As)	< 0,01	mg/l

Guillermo S. Pandolfi
GUILLERMO S. PANDOLFI
Lic. en Química
3047

IACA LABORATORIOS
San Martín 68 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: BONORINO ALFREDO G. Informa: 11026015
Indicado por: SR. BONORINO ALFREDO C. Fecha: 26/10/91

ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA
Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: San Blas 04

Color	-	
Turbiedad	-	
Conductividad a 25 °C	3026	µS/cm
pH (Potenciométrico)	7.8	
Sólidos disueltos totales - 105 °C	-	mg/l
Dureza total (CaCO ₃)	140	mg/l
Alcalinidad total (CaCO ₃)	500	mg/l
Cloruros (en Cl)	900	mg/l
Sulfatos	120	mg/l
Calcio (en Ca)	-	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	5,00	mg/l
Nitritos (en N)	0,05	mg/l
Amonio (en NH ₄)	0,12	mg/l
Fluoruros (en F)	1,8	mg/l
Arsénico (en As)	< 0,01	mg/l

Guillermo S. Pandolfi
GUILLERMO S. PANDOLFI

IACA LABORATORIOS

San Martín 68 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: BONORINO ALFREDO G
Indicado por: SR. BONORINO ALFREDO G.Informe: 11026012
Fecha: 26/10/91**ANALISIS QUIMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: San Blas 03

Color.....	-	
Turbiedad.....	-	
Olor.....	-	
Conductividad a 25 °C	3439	uS/cm
pH (Potenciometrico)	7.63	
Solidos disueltos totales - 105 °C	-	mg/l
Dureza total (CaCO ₃)	220	mg/l
Alcalinidad total (CaCO ₃)	450	mg/l
Cloruros (en Cl)	925	mg/l
Sulfatos	140	mg/l
Calcio (en Ca)	-	mg/l
Nitratos (en CO ₃)	25,00	mg/l
Nitritos (en N)	0,01	mg/l
Amonio (en NH ₄)	0,07	mg/l
Fluoruros (en F)	0,7	mg/l
Arsenico (en As)	< 0.01	mg/l

G. Pandolfi
CARLENE S. PANDOLFI
Lic. en Bioquímica
2247

IACA LABORATORIOS

San Martín 68 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: BONORINO ALFREDO G
Indicado por: SR. BONORINO ALFREDOInforme: 11026015
Fecha: 26/10/91**ANALISIS QUIMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: San Blas 04

Color.....	-	
Turbiedad.....	-	
Olor.....	-	
Conductividad a 25 °C	3026	uS/cm
pH (Potenciometrico)	7.8	
Solidos disueltos totales - 105 °C	-	mg/l
Dureza total (CaCO ₃)	140	mg/l
Alcalinidad total (CaCO ₃)	500	mg/l
Cloruros (en Cl)	900	mg/l
Sulfatos	120	mg/l
Calcio (en Ca)	-	mg/l
Nitratos (en CO ₃)	5,00	mg/l
Nitritos (en N)	0,05	mg/l
Amonio (en NH ₄)	0,12	mg/l
Fluoruros (en F)	1,8	mg/l
Arsenico (en As)	< 0.01	mg/l

G. Pandolfi
CARLENE S. PANDOLFI
Lic. en Bioquímica

IACA LABORATORIOS

San Martín 68 - 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: BONORINO ALFREDO G
Indicado por: SR. BONORINO ALFREDOInforme: 11025017
Fecha: 26/10/91**ANALISIS QUIMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: San Blas 05

Color.....	-	
Turbiedad.....	-	
Olor.....	-	
Conductividad a 25 °C.....	1171	uS/cm
pH (Potenciometrico).....	7.48	
Sólidos disueltos totales - 105 °C.....	-	mg/l
Dureza total (CaCO3).....	170	mg/l
Alcalinidad total (CaCO3).....	250	mg/l
Cloruros (en Cl).....	225	mg/l
Sulfatos.....	60	mg/l
Calcio (en Ca).....	-	mg/l
Nitratos (en CO3).....	18,00	mg/l
Nitritos (en N).....	0,00	mg/l
Amonio (en NH4).....	0,08	mg/l
Fluoruros (en F).....	0,4	mg/l
Arsenico (en As).....	< 0.01	mg/l

G. Pardo
GUILLELMO B. PARDO
Ing. en Bioquímica
M. P. 2717

IACA LABORATORIOS

San Martín 68 - 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: BONORINO ALFREDO G
Indicado por: SR. BONORINO ALFREDO GInforme: 11026018
Fecha: 25/10/91**ANALISIS QUIMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: San Blas 06

Color.....	-	
Turbiedad.....	-	
Olor.....	-	
Conductividad a 25 °C.....	1327	uS/cm
pH (Potenciometrico).....	-	
Sólidos disueltos totales - 105 °C.....	-	mg/l
Dureza total (CaCO3).....	140	mg/l
Alcalinidad total (CaCO3).....	325	mg/l
Cloruros (en Cl).....	400	mg/l
Sulfatos.....	45	mg/l
Calcio (en Ca).....	-	mg/l
Nitratos (en CO3).....	12,00	mg/l
Nitritos (en N).....	0,01	mg/l
Amonio (en NH4).....	0,05	mg/l
Fluoruros (en F).....	1,2	mg/l
Arsenico (en As).....	< 0.01	mg/l

G. Pardo
GUILLELMO B. PARDO
Ing. en Bioquímica

IACA LABORATORIOS
San Martín 68 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: **SEBORRINO ALFREDO G.** Informo: 11026020
Indicada por: **SR SEBORRINO ALFREDO G.** Fecha: 26/10/91

ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA
Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: San Blas 07

Color.....	-	
Turbiedad.....	-	
Olor.....	Conductividad a 25 °C 1282 uS/cm	-
pH (Potenciométrico) 8.08.....	-	
Sólidos disueltos totales - 105°C.....		mg/l
Dureza total (CaCO ₃).....	130	mg/l
Alcalinidad total (CaCO ₃).....	250	mg/l
Cloruros (en Cl).....	250	mg/l
Sulfatos.....	30	mg/l
Calcio (en Ca).....	-	mg/l
Nitratos (en CO ₃).....	0,00	mg/l
Nitritos (en N).....	0,01	mg/l
Amonio (en NH ₄).....	0,50	mg/l
Fluoruros (en F).....	0,5	mg/l
Arsenico (en As).....	< 0.01	mg/l

[Firma]
Lic. En Bioquímica
N.º p. 2747

IACA LABORATORIOS
San Martín 68 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: **SEBORRINO ALFREDO G.** Informo: 11026021
Indicada por: **SR SEBORRINO ALFREDO G.** Fecha: 26/10/91

ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA
Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: Zona San Blas 08.

Color.....	-	
Turbiedad.....	-	
Olor.....	Conductividad a 25 °C 1513 uS/cm	-
pH (Potenciométrico) 7.76.....	-	
Sólidos disueltos totales - 105°C.....	-	mg/l
Dureza total (CaCO ₃).....	190	mg/l
Alcalinidad total (CaCO ₃).....	150	mg/l
Cloruros (en Cl).....	425	mg/l
Sulfatos.....	60	mg/l
Calcio (en Ca).....	-	mg/l
Nitratos (en CO ₃).....	14,00	mg/l
Nitritos (en N).....	0,00	mg/l
Amonio (en NH ₄).....	0,08	mg/l
Fluoruros (en F).....	0,3	mg/l
Arsenico (en As).....	< 0.01	mg/l

[Firma]
Lic. En Bioquímica
N.º p. 2747

IACA LABORATORIOS

San Martín 68 - 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: BONORINO ALFREDO G
Indicado por: SR. BONORINO ALFREDOInforme: 11026025
Fecha: 26/10/91**ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: SAN BLAS 09

Color	-
Turbiedad	-
Olor ----- Conductividad a 25 °C	2678 uS/cm
pH (Potenciométrico)	7.28
Sólidos disueltos totales - 105 °C	- mg/l
Dureza total (CaCO ₃)	280 mg/l
Alcalinidad total (CaCO ₃)	350 mg/l
Cloruros (en Cl)	750 mg/l
Sulfatos	140 mg/l
Calcio (en Ca)	- mg/l
Nitratos (en NO ₃)	9,00 mg/l
Nitritos (en N)	0,01 mg/l
Amonio (en NH ₄)	0,05 mg/l
Fluoruros (en F)	0,3 mg/l
Arsenico (en As)	< 0.01 mg/l

Manuel
GUILLERMO S. PANDOLFI
Má. En Bioquímica
21.10.91

IACA LABORATORIOS

San Martín 68 - 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: BONORINO ALFREDO G
Indicado por: SR. BONORINO ALFREDO GInforme: 11026026
Fecha: 26/10/91**ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: SAN BLAS 10.

Color	-
Turbiedad	-
Olor ----- Conductividad a 25 °C	1240 uS/cm
pH (Potenciométrico)	7.54
Sólidos disueltos totales - 105 °C	- mg/l
Dureza total (CaCO ₃)	50 mg/l
Alcalinidad total (CaCO ₃)	275 mg/l
Cloruros (en Cl)	300 mg/l
Sulfatos	60 mg/l
Calcio (en Ca)	- mg/l
Nitratos (en NO ₃)	4,00 mg/l
Nitritos (en N)	0,01 mg/l
Amonio (en NH ₄)	0,04 mg/l
Fluoruros (en F)	0,5 mg/l
Arsenico (en As)	< 0.01 mg/l

Manuel
GUILLERMO S. PANDOLFI
Má. En Bioquímica
21.10.91

San Martín 68 - 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Correspondencia a: DONORINO ALFREDO G
Indicado por: SR. DONORINO ALFREDO

Informe: 11026027
Fecha: 26/10/91

ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA
Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: San Blas 11

Color.....
Turbiedad.....
Olor----- Conductividad a 25 °C 756 uS/cm
pH (Potenciométrico) 7.73
Sólidos disueltos totales - 105°C :
Dureza total (CaCO₃)..... 140 mg/l
Alcalinidad total (CaCO₃)..... 175 mg/l
Cloruros (en Cl)..... 150 mg/l
Sulfatos..... 65 mg/l
Calcio (en Ca)..... mg/l
Nitratos (en CO₃)..... 4,00 mg/l
Nitritos (en N)..... 0,00 mg/l
Amonio (en NH₄)..... 0,06 mg/l
Fluoruros (en F)..... 0,25 mg/l
Arsenico (en As)..... < 0.01 mg/l

4933 42.45
62 13 42.24

Guillermo S. Pandolfi
GUILLERMO S. PANDOLFI
Lic. En Bioquímica

IACA LABORATORIOS
San Martín 68 - 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Correspondencia a: DONORINO ALFREDO
Indicado por: SR. DONORINO ALFREDO

Informe: 11026028
Fecha: 26/10/91

ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA
Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: San Blas 12

Color.....
Turbiedad.....
Olor----- Conductividad a 25 °C 2910 uS/cm
pH (Potenciométrico) 8.17
Sólidos disueltos totales - 105°C :
Dureza total (CaCO₃)..... 90 mg/l
Alcalinidad total (CaCO₃)..... 450 mg/l
Cloruros (en Cl)..... 675 mg/l
Sulfatos..... 150 mg/l
Calcio (en Ca)..... mg/l
Nitratos (en CO₃)..... 4,00 mg/l
Nitritos (en N)..... 0,03 mg/l
Amonio (en NH₄)..... 0,06 mg/l
Fluoruros (en F)..... 1,9 mg/l
Arsenico (en As)..... < 0.01 mg/l

Guillermo S. Pandolfi
GUILLERMO S. PANDOLFI
Lic. En Bioquímica

IACA LABORATORIOS

San Martín 68 - 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Correspondencia a: BENIGNO ALFREDO G.
Indicado por: SE. BENIGNO ALFREDOInforme: 11026029
Fecha: 26/10/91**ANALISIS QUIMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: San Blas 10

Color -
 Turbiedad -
 Olor Conductividad a 25 °C. 5820 uS/cm -
 pH (Potenciometrico) 7.70 -
 Solidos disueltos totales - 105 °C : - mg/l
 Dureza total (CaCO₃) 220 mg/l
 Alcalinidad total (CaCO₃) 975 mg/l
 Cloruros (en Cl) 2.250 mg/l
 Sulfatos 320 mg/l
 Calcio (en Ca) - mg/l
 Nitratos (en CO₃) 5,00 mg/l
 Nitritos (en N) 0,09 mg/l
 Amonio (en NH₄) 0,15 mg/l
 Fluoruros (en F) 6,2 mg/l
 Arsenico (en As) < 0.01 mg/l

4.0 35 50.15
62 14 18.24

 GUILLERMO S. PANDOLFI
 Ing. En Mecánica
 B. P. 3717
IACA LABORATORIOS

San Martín 68 - 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Correspondencia a: BENIGNO ALFREDO G.
Indicado por: SE. BENIGNO ALFREDOInforme: 11026030
Fecha: 26/10/91**ANALISIS QUIMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: Serra

Color -
 Turbiedad -
 Olor Conductividad a 25 °C. 781 uS/cm -
 pH (Potenciometrico) 7.75 -
 Solidos disueltos totales - 105 °C : - mg/l
 Dureza total (CaCO₃) 14.0 mg/l
 Alcalinidad total (CaCO₃) 200 mg/l
 Cloruros (en Cl) 175 mg/l
 Sulfatos 30 mg/l
 Calcio (en Ca) - mg/l
 Nitratos (en CO₃) 28,00 mg/l
 Nitritos (en N) 0,00 mg/l
 Amonio (en NH₄) 0,06 mg/l
 Fluoruros (en F) 0,4 mg/l
 Arsenico (en As) < 0.01 mg/l

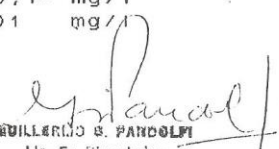
 GUILLERMO S. PANDOLFI
 Ing. En Mecánica
 B. P. 3717

IACA LABORATORIOS

San Martín 68 - 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: BONORINO ALFREDO
Indicado por: SR. BONORINO ALFREDOInforme: 11026035
Fecha: 26/10/91**ANALISIS QUIMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: Camping Municipal

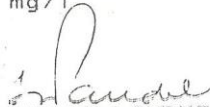
Color..... -
 Turbiedad..... -
 Olor..... Conductividad a 25°C: 1136 uS/cm -
 pH (Potenciométrico) 7.41 -
 Sólidos disueltos totales - 105°C : - mg/l
 Dureza total (CaCO₃)..... 260 mg/l
 Alcalinidad total (CaCO₃)..... 125 mg/l
 Cloruros (en Cl)..... 325 mg/l
 Sulfatos..... 35 mg/l
 Calcio (en Ca)..... - mg/l
 Nitratos (en NO₃)..... 8,00 mg/l
 Nitritos (en N)..... 0,09 mg/l
 Amonio (en NH₄)..... 0,12 mg/l
 Fluoruros (en F)..... 0,15 mg/l
 Arsenico (en As)..... < 0.01 mg/l

493} 10.58
62 44 15.5 }

 GUILLERMO S. PANDOLFI
 Lic. En Bioquímica
 M. R. 2717
IACA LABORATORIOS

San Martín 68 - 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Corresponde a: BONORINO ALFREDO
Indicado por: SR. BONORINO ALFREDOInforme: 11026038
Fecha: 26/10/91**ANALISIS QUIMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: Automovil Club

Color..... -
 Turbiedad..... -
 Olor..... Conductividad a 25°C: 2142 uS/cm -
 pH (Potenciométrico) 7.25 -
 Sólidos disueltos totales - 105°C : - mg/l
 Dureza total (CaCO₃)..... 270 mg/l
 Alcalinidad total (CaCO₃)..... 275 mg/l
 Cloruros (en Cl)..... 945 mg/l
 Sulfatos..... 65 mg/l
 Calcio (en Ca)..... - mg/l
 Nitratos (en NO₃)..... 8,00 mg/l
 Nitritos (en N)..... 0,00 mg/l
 Amonio (en NH₄)..... 0,05 mg/l
 Fluoruros (en F)..... 0,15 mg/l
 Arsenico (en As)..... < 0.01 mg/l


 GUILLERMO S. PANDOLFI

IACA LABORATORIOS

San Martín 68 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Correspondencia a: BONORRINO ALFREDO G.
Indicada por: DR. BONORRINO ALFREDOInforme: 11026032
Fecha: 26/10/91**ANALISIS QUIMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: Hotel Jabali

1032 19.25

62 15 5374

Color.....	-	
Turbiedad.....	-	
Conductividad a 25 °C.....	1027	uS/cm
pH (Potenciométrico).....	-	
Sólidos disueltos totales - 105 °C.....	-	mg/l
Dureza total (CaCO ₃).....	190	mg/l
Alcalinidad total (CaCO ₃).....	250	mg/l
Cloruros (en Cl).....	225	mg/l
Sulfatos.....	55	mg/l
Calcio (en Ca).....	-	mg/l
Nitratos (en NO ₃).....	8,00	mg/l
Nitritos (en N).....	0,00	mg/l
Amonio (en NH ₄).....	0,05	mg/l
Fluoruros (en F).....	0,5	mg/l
Arsenico (en As).....	< 0,01	mg/l

Alfredo G. Pandolfi
 ALFREDO G. PANDOLFI
 Dr. En Bioquímica
 N.º 2717

IACA LABORATORIOS

San Martín 68 8000 Bahía Blanca, Tel. 091 - 30266 - 30267 - 41311 - Guardia Radiollamada Tel. 44444 Código 390

Correspondencia a: BONORRINO ALFREDO G.
Indicada por: DR. BONORRINO ALFREDOInforme: 11026034
Fecha: 26/10/91**ANALISIS QUIMICO DE AGUA**Muestra procedente de: Zona San Blas
Lugar de extracción: SPAR 2 (NIVEL INFERIOR).

Color.....	-	
Turbiedad.....	-	
Conductividad a 25 °C.....	1241	uS/cm
pH (Potenciométrico).....	7,55	
Sólidos disueltos totales - 105 °C.....	-	mg/l
Dureza total (CaCO ₃).....	140	mg/l
Alcalinidad total (CaCO ₃).....	350	mg/l
Cloruros (en Cl).....	300	mg/l
Sulfatos.....	40	mg/l
Calcio (en Ca).....	-	mg/l
Nitratos (en NO ₃).....	25,00	mg/l
Nitritos (en N).....	0,00	mg/l
Amonio (en NH ₄).....	0,08	mg/l
Fluoruros (en F).....	0,5	mg/l
Arsenico (en As).....	< 0,01	mg/l

Alfredo G. Pandolfi
 ALFREDO G. PANDOLFI
 Dr. En Bioquímica
 N.º 2717

Análisis químicos SPAR 2002

Viedma, 11 de julio de 2002

ANALISIS DE AGUA N°: 4180-Q

PROCEDENCIA: San Blas

Sitio de extracción: Bomba N° 1

Extraída por:

Fecha de extracción: 24/06/2002

Llegada: 25/06/2002

ANALISIS QUIMICO

Color:.....	-		
Turbiedad:.....	0,22	UNT	
Olor:.....	-		
pH:.....	6,9		
Conductividad:.....	1927	µmhos/cm	
Sólidos Disueltos:	-	mg/l	
Dureza Total.....	168	mg/l	
Alcalinidad total.....	434	mg/l	
Cloruros (Cl-):.....	460	mg/l	máx: 250
Sulfatos (SO ₄ -2):	110	mg/l	
Nitratos (NO ₃ -):	Inf. 1	mg/l	
Nitritos (NO ₂ -):	Inf. 0,005	mg/l	
Amoníaco NH ₄ ⁺ :	-	mg/l	
Calcio (Ca ⁺⁺):	16	mg/l	
Magnesio (Mg ⁺⁺):	31	mg/l	
Sodio (Na ⁺):	-	mg/l	
Potasio (K ⁺):	-	mg/l	
Cloro Residual:	-	mg/l	
Hierro Total (Fe):.....	Inf. 0,1	mg/l	
Manganeso (Mn):	Inf. 0,05	mg/l	
Plomo (Pb):	-	mg/l	
Flúor (F):.....	2,4	mg/l	máx: 1,5
Arsénico (As):	0,85	mg/l	máx. 0,05

Agua químicamente NO APTA para consumo humano, por su elevado contenido de flúor y arsénico.

Mirta D. Macarri
MIRTA D. MACARRI
JEFA DPTO. LABORATORIO

Viedma, 11 de julio de 2002

ANÁLISIS DE AGUA N°: 4181-Q

PROCEDENCIA: San Blas

Sitio de extracción: Bomba N° 2

Extraída por:

Fecha de extracción: 24/06/2002

Llegada: 25/06/2002

ANÁLISIS QUÍMICO

Color:.....	-		
Turbiedad:.....	0,18	UNT	
Olor:.....	-		
pH:.....	7		
Conductividad:.....	1316	µmhos/cm	
Sólidos Disueltos:	-	mg/l	
Dureza Total.....	200	mg/l	
Alcalinidad total.....	421	mg/l	
Cloruros(Cl-):.....	270	mg/l	máx: 250
Sulfatos (SO4-2):	77	mg/l	
Nitratos(NO3-):	Inf. 1	mg/l	
Nitritos(NO2-):	Inf. 0,005	mg/l	
Amoníaco NH4+):	-	mg/l	
Calcio (Ca++):	25	mg/l	
Magnesio (Mg++):	33	mg/l	
Sodio(Na+):	-	mg/l	
Potasio (K+):.....	-	mg/l	
Cloro Residual:	-	mg/l	
Hierro Total (Fe):.....	Inf. 0,1	mg/l	
Manganeso(Mn):	Inf. 0,05	mg/l	
Plomo (Pb):	-	mg/l	
Flúor (F):.....	2,7	mg/l	máx: 1,5
Arsénico(As):	0,95	mg/l	máx. 0,05

Agua químicamente NO APTA para consumo humano, por su elevado contenido de flúor y arsénico.


MIRTA D. MACARRI
JEFA DPTO. LABORATORIO
A. R. S. A.

Viedma, 11 de julio de 2002

ANALISIS DE AGUA N°: 4182-Q

PROCEDENCIA: San Blas

Sitio de extracción: Bomba N° 3

Extraída por:

Fecha de extracción: 24/06/2002

Llegada: 25/06/2002

ANALISIS QUIMICO

Color:.....	-		
Turbiedad:.....	0,33	UNT	
Olor:.....	-		
pH:.....	6,6		
Conductividad:.....	1309	µmhos/cm	
Sólidos Disueltos:	-	mg/l	
Dureza Total:.....	168	mg/l	
Alcalinidad total:.....	406	mg/l	
Cloruros (Cl-):.....	280	mg/l	máx: 250
Sulfatos (SO ₄ -2):	73	mg/l	
Nitratos (NO ₃ -):	Inf. 1	mg/l	
Nitritos (NO ₂ -):	Inf. 0,005	mg/l	
Amoniaco NH ₄ ⁺):	-	mg/l	
Calcio (Ca ⁺⁺):	16	mg/l	
Magnesio (Mg ⁺⁺):	31	mg/l	
Sodio (Na ⁺):	-	mg/l	
Potasio (K ⁺):	-	mg/l	
Cloro Residual:	-	mg/l	
Hierro Total (Fe):.....	Inf. 0,1	mg/l	
Manganeso (Mn):	Inf. 0,05	mg/l	
Plomo (Pb):	-	mg/l	
Flúor (F):.....	2,4	mg/l	máx: 1,5
Arsénico (As):	0,15	mg/l	máx: 0,05

Agua químicamente NO APTA para consumo humano, por su elevado contenido de flúor y arsénico.

MIRTA D. MACARRI
JEFA DPTO. LABORATORIO
A. R. S. A.

Viedma, 11 de julio de 2002

ANALISIS DE AGUA N°: 4183-Q

PROCEDENCIA: San Blas

Sitio de extracción: Bomba N° 4

Extraída por:

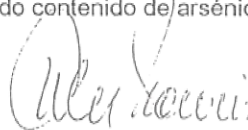
Fecha de extracción: 24/06/2002

Llegada: 25/06/2002

ANALISIS QUIMICO

Color:.....	-		
Turbiedad:.....	0,24	UNT	
Olor:.....	-		
pH:.....	6,7		
Conductividad:.....	1000	µmhos/cm	
Sólidos Disueltos:	-	mg/l	
Dureza Total.....	200	mg/l	
Alcalinidad total.....	340	mg/l	
Cloruros (Cl-):	200	mg/l	
Sulfatos (SO4-2):	55	mg/l	
Nitratos (NO3-):	Inf. 1	mg/l	
Nitritos (NO2-):	Inf. 0,005	mg/l	
Amoniaco (NH4+):	-	mg/l	
Calcio (Ca++):	24	mg/l	
Magnesio (Mg++):	34	mg/l	
Sodio (Na+):	-	mg/l	
Potasio (K+):	-	mg/l	
Cloro Residual:	-	mg/l	
Hierro Total (Fe):	Inf. 0,1	mg/l	
Manganeso (Mn):	Inf. 0,05	mg/l	
Plomo (Pb):	-	mg/l	
Flúor (F):	1,5	mg/l	máx: 1,5
Arsénico (As):	0,07	mg/l	máx: 0,05

Agua químicamente NO APTA para consumo humano, por su elevado contenido de arsénico.



MIRTA D. MACARRI
JEFA DPTO. LABORATORIO
A. R. S. A.

Viedma, 11 de julio de 2002

ANALISIS DE AGUA N°: 4184-Q

PROCEDENCIA: San Blas

Sitio de extracción: Bomba N° 5

Extraída por:

Fecha de extracción: 24/06/2002

Llegada: 25/06/2002

ANALISIS QUIMICO

Color:.....	-		
Turbiedad:.....	0,33	UNT	
Olor:.....	-		
pH:.....	7		
Conductividad:.....	1200	µmhos/cm	
Sólidos Disueltos:	-	mg/l	
Dureza Total.....	150	mg/l	
Alcalinidad total.....	391	mg/l	
Cloruros (Cl-):.....	250	mg/l	máx: 250
Sulfatos (SO4-2):.....	74	mg/l	
Nitratos(NO3-):	14	mg/l	
Nitritos(NO2-):	Inf. 0,005	mg/l	
Amoníaco NH4+):	-	mg/l	
Calcio (Ca++):	14	mg/l	
Magnesio (Mg++):	28	mg/l	
Sodio(Na+):	-	mg/l	
Potasio (K+):.....	-	mg/l	
Cloro Residual:	-	mg/l	
Hierro Total (Fe).....	Inf. 0,1	mg/l	
Manganeso(Mn):	Inf. 0,05	mg/l	
Plomo (Pb):	-	mg/l	
Flúor (F).....	1,9	mg/l	máx: 1,5
Arsénico(As):	0,11	mg/l	máx. 0,05

Agua químicamente NO APTA para consumo humano, por su elevado contenido de flúor y arsénico.

MIRTA D. MACARRI
JEFA DPTO. LABORATORIO
A. R. S. A.

Viedma, 11 de julio de 2002

ANALISIS DE AGUA N°: 4185-Q

PROCEDENCIA: San Blas

Sitio de extracción: Bomba N° 6

Extraída por:

Fecha de extracción: 24/06/2002

Llegada: 25/06/2002

ANALISIS QUIMICO

Color:.....	-		
Turbiedad:.....	0,22	UNT	
Olor:.....	-		
pH:.....	6,8		
Conductividad:.....	1210	µmhos/cm	
Sólidos Disueltos:	-	mg/l	
Dureza Total.....	200	mg/l	
Alcalinidad total.....	410	mg/l	
Cloruros(Cl-):.....	210	mg/l	
Sulfatos (SO ₄ -2):	71	mg/l	
Nitratos(NO ₃ -):	13	mg/l	
Nitritos(NO ₂ -):	0,06	mg/l	
Amoníaco NH ₄ ⁺):	-	mg/l	
Calcio (Ca ⁺⁺):	18	mg/l	
Magnesio (Mg ⁺⁺):	37	mg/l	
Sodio(Na ⁺):	-	mg/l	
Potasio (K ⁺):.....	-	mg/l	
Cloro Residual:	-	mg/l	
Hierro Total (Fe).....	Inf. 0,1	mg/l	
Manganeso(Mn):	Inf. 0,05	mg/l	
Plomo (Pb):	-	mg/l	
Flúor (F).....	1,5	mg/l	máx: 1,5
Arsénico(As):	0,11	mg/l	máx: 0,05

Agua químicamente NO APTA para consumo humano, por su elevado contenido de flúor y arsénico.

MIRTA D. MACARRI
JEFA DPTO. LABORATORIO
A. R. S. A.

5

Viedma, 11 de julio de 2002

ANALISIS DE AGUA N°: 4186-Q

PROCEDENCIA: San Blas

Sitio de extracción: Bomba N° 7

Extraída por:

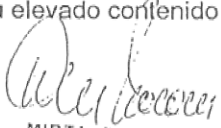
Fecha de extracción: 24/06/2002

Llegada: 25/06/2002

ANALISIS QUIMICO

Color:.....	-		
Turbiedad:.....	1,3	UNT	
Olor:.....	-		
pH:.....	6,8		
Conductividad:.....	1780	µmhos/cm	
Sólidos Disueltos:	-	mg/l	
Dureza Total:.....	268	mg/l	
Alcalinidad total:.....	570	mg/l	
Cloruros(Cl-):.....	390	mg/l	máx. 250
Sulfatos (SO4-2):	92	mg/l	
Nitratos(NO3-):	12	mg/l	
Nitritos(NO2-):	0,01	mg/l	
Amoníaco NH4+):	-	mg/l	
Calcio (Ca++):	24	mg/l	
Magnesio (Mg++):	50	mg/l	
Sodio(Na+):	-	mg/l	
Potasio (K+):.....	-	mg/l	
Cloro Residual:	-	mg/l	
Hierro Total (Fe):.....	Inf. 0,1	mg/l	
Manganeso(Mn):	Inf. 0,05	mg/l	
Plomo (Pb):	-	mg/l	
Flúor (F):.....	1,2	mg/l	
Arsénico(As):	0,11	mg/l	máx. 0,05

Agua químicamente NO APTA para consumo humano, por su elevado contenido de arsénico


 MIRTA D. MACARRI
 JEFA DPTO. LABORATORIO
 A. R. S. A.

Viedma, 11 de julio de 2002

ANALISIS DE AGUA N°: 4187-Q

PROCEDENCIA: San Blas

Sitio de extracción: Bomba N° 8

Extraída por:

Fecha de extracción: 24/06/2002

Llegada: 25/06/2002

ANALISIS QUIMICO

Color:.....	-		
Turbiedad:.....	1,2	UNT	
Olor:.....	-		
pH:.....	6,7		
Conductividad:.....	1100	µmhos/cm	
Sólidos Disueltos:	-	mg/l	
Dureza Total.....	168	mg/l	
Alcalinidad total.....	350	mg/l	
Cloruros (Cl-):.....	250	mg/l	máx: 250
Sulfatos (SO4-2):	68	mg/l	
Nitratos (NO3-):	17	mg/l	
Nitritos (NO2-):	0,009	mg/l	
Amoníaco (NH4+):	-	mg/l	
Calcio (Ca++):	16	mg/l	
Magnesio (Mg++):	31	mg/l	
Sodio (Na+):	-	mg/l	
Potasio (K+):	-	mg/l	
Cloro Residual:	-	mg/l	
Hierro Total (Fe):.....	Inf. 0,1	mg/l	
Manganeso (Mn):	Inf. 0,05	mg/l	
Plomo (Pb):	-	mg/l	
Flúor (F):.....	1,7	mg/l	máx: 1,5
Arsénico (As):	0,85	mg/l	máx: 0,05

Agua químicamente NO APTA para consumo humano, por su elevado contenido de flú y arsénico.



MIRTA D. MACARRI
JEFA DPTO. LABORATORIO
A. R. S. A.

Análisis químicos Cooperativa de agua Bahía San Blas 2010



LABORATORIO BROMATOLOGICO

Corresponde a : COOPERATIVA DE SAN BLAS
 Solicitado por: COOPERATIVA DE SAN BLAS
 Fecha de admisión: 01/03/10

N° de Informe: 003011104
 Fecha de emisión: 09/03/10
 Hoja: 1

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: SAN BLAS
 Lugar de extracción.....: BOMBAS EXTRACCION MUESTRA N° 7

Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	7,1	
Solidos disueltos totales	1635	mg/l
Dureza total (en CaCO ₃).....	260	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO ₃).....	550	mg/l
Cloruros (en Cl).....	550	mg/l
Sulfatos (en SO ₄)	125	mg/l
Calcio (en Ca)	14	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	12	mg/l
Nitritos (en NO ₂)	< 0.01	mg/l
Amonio (en NH ₄)	0.01	mg/l
Arsenico (semicuantitativo - As) ..	0.09	mg/l *
Fluoruros (en F).....	1.9	mg/l **
Sodio (en Na)	545	mg/l
Magnesio (en Mg)	54	mg/l
Hierro (en Fe)	-	mg/l
Vanadio (en V).....	-	mg/l
Plomo (en Pb).....	-	mg/l
Manganeso (en Mn).....	-	mg/l
Cloro residual total.....	-	mg/l

* NOTA 1: Valores superiores a 0,05 mg/l deben confirmarse por técnica de Absorción Atómica / Horno de grafito / Generador de hidruros.

* NOTA 2: Según ley 18284 CAA a partir del 01/06/07 el valor máximo permitido es de 0,01 mg/l. Se establece un plazo de 5 años para adecuarse al mismo.

** NOTA 3: Este parámetro es interpretado según el máximo permitido por el CAA sin tener en cuenta la variable temperatura media y máxima del año de la zona. Para Bahía Blanca y zona de influencia el límite superior es 1,3 mg/l. Según Ley 11.820 de la Provincia Buenos Aires el valor máximo tolerable es de 1,5 mg/l.

Dr. SEBASTIÁN D. VEGA
 LIC. EN QUÍMICA
 LABORATORIO INDUSTRIAL BROMATOLOGICO
 MPCFC 5702
 CUIL 20-27367874-4

San Martín 68 - B8000FIB - Bahía Blanca
 Tel.: 0291-459 9951 - Fax: 0291-459 9998
 laboratorios@iaca.com.ar - www.iaca.com.ar



LABORATORIO BROMATOLOGICO

Corresponde a : COOPERATIVA SAN BLAS
Solicitado por: COOPERATIVA DE SAN BLAS
Fecha de admisión: 12/02/10

N° de Informe: 002120365
Fecha de emisión: 01/03/10
Hoja: 1

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: BAHIA SAN BLAS
Lugar de extracción.....: POZO 7

Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	8,0	
Solidos disueltos totales	1355	mg/l
Dureza total (en CaCO ₃).....	270	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO ₃).....	540	mg/l
Cloruros (en Cl).....	430	mg/l
Sulfatos (en SO ₄)	70	mg/l
Calcio (en Ca)	20	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	8	mg/l
Nitritos (en NO ₂)	< 0.01	mg/l
Amonio (en NH ₄)	< 0.01	mg/l
Arsenico (semicuantitativo - As) ..	0.07	mg/l *
Fluoruros (en F).....	2.00	mg/l **
Sodio (en Na)	443	mg/l
Magnesio (en Mg)	52	mg/l
Hierro (en Fe)	-	mg/l
Vanadio (en V).....	-	mg/l
Plomo (en Pb).....	-	mg/l
Manganeso (en Mn).....	-	mg/l
Cloro residual total.....	-	mg/l

* NOTA 1: Valores superiores a 0,05 mg/l deben confirmarse por técnica de Absorción Atómica / Horno de grafito / Generador de hidruros.

* NOTA 2: Según ley 18284 CAA a partir del 01/06/07 el valor máximo permitido es de 0,01 mg/l. Se establece un plazo de 5 años para adecuarse al mismo.

** NOTA 3: Este parámetro es interpretado según el máximo permitido por el CAA sin tener en cuenta la variable temperatura media y máxima del año de la zona. Para Bahía Blanca y zona de influencia el límite superior es 1,3 mg/l. Según Ley 11.820 de la Provincia Buenos Aires el valor máximo tolerable es de 1,5 mg/l.

Dr. SERGIO D. VEGA
LIC. EN QUIMICA
LABORATORIO INDUSTRIAL BROMATOLOGICO
MPCPC 5782
CUIL 20-27367874-4

San Martín 68 - B8000FIB - Bahía Blanca
Tel.: 0291-459 9951 - Fax: 0291-459 9998
laboratorios@iaca.com.ar - www.iaca.com.ar



LABORATORIO BROMATOLOGICO

Corresponde a : COOPERATIVA DE SAN BLAS
 Solicitado por: COOPERATIVA DE SAN BLAS
 Fecha de admisión: 01/03/10

N° de Informe: 003011105
 Fecha de emisión: 09/03/10
 Hoja: 1

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: SAN BLAS
 Lugar de extraccion.....: BOMBAS EXTRACCION MUESTRA N° 8

Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	8,0	
Solidos disueltos totales	1575	mg/l
Dureza total (en CaCO ₃).....	190	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO ₃).....	430	mg/l
Cloruros (en Cl).....	650	mg/l
Sulfatos (en SO ₄)	50	mg/l
Calcio (en Ca)	26	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	8	mg/l
Nitritos (en NO ₂)	< 0.01	mg/l
Amonio (en NH ₄)	0.01	mg/l
Arsenico (semicuantitativo - As) ..	< 0.05	mg/l *
Fluoruros (en F).....	1.6	mg/l **
Sodio (en Na)	548	mg/l
Magnesio (en Mg)	30	mg/l
Hierro (en Fe)	-	mg/l
Vanadio (en V).....	-	mg/l
Plomo (en Pb).....	-	mg/l
Manganeso (en Mn).....	-	mg/l
Cloro residual total.....	-	mg/l

* NOTA 1: Valores superiores a 0,05 mg/l deben confirmarse por técnica de Absorción Atómica / Horno de grafito / Generador de hidruros.

* NOTA 2: Según ley 18284 CAA a partir del 01/06/07 el valor máximo permitido es de 0,01 mg/l. Se establece un plazo de 5 años para adecuarse al mismo.

** NOTA 3: Este parámetro es interpretado según el máximo permitido por el CAA sin tener en cuenta la variable temperatura media y máxima del año de la zona. Para Bahía Blanca y zona de influencia el límite superior es 1,3 mg/l. Según Ley 11.820 de la Provincia Buenos Aires el valor máximo tolerable es de 1,5 mg/l.

Dr. SERGIO D. VEGA
 QUÍMICO EN QUÍMICA
 LABORATORIO INDUSTRIAL BROMATOLOGICO
 MPCPO 5702
 CUIL 20-27367874-4

San Martín 68 - B8000FIB - Bahía Blanca
 Tel.: 0291-459 9951 - Fax: 0291-459 9998
 laboratorios@iaca.com.ar - www.iaca.com.ar



LABORATORIO BROMATOLOGICO

Corresponde a : COOPERATIVA DE SAN BLAS
Solicitado por: COOPERATIVA DE SAN BLAS
Fecha de admisión: 01/03/10

N° de Informe: 003011108
Fecha de emisión: 09/03/10
Hoja: 1

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: SAN BLAS
Lugar de extracción.....: BOMBAS EXTRACCION MUESTRA N°10

Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	6,9	
Solidos disueltos totales	1245	mg/l
Dureza total (en CaCO3).....	220	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO3).....	490	mg/l
Cloruros (en Cl).....	380	mg/l
Sulfatos (en SO4)	75	mg/l
Calcio (en Ca)	36	mg/l
Nitratos (en NO3)	6	mg/l
Nitritos (en NO2)	< 0.01	mg/l
Amonio (en NH4)	0.01	mg/l
Arsenico (semicuantitativo - As) ..	< 0.05	mg/l *
Fluoruros (en F).....	2.2	mg/l **
Sodio (en Na)	416	mg/l
Magnesio (en Mg)	31	mg/l
Hierro (en Fe)	-	mg/l
Vanadio (en V).....	-	mg/l
Plomo (en Pb).....	-	mg/l
Manganeso (en Mn).....	-	mg/l
Cloro residual total.....	-	mg/l

* NOTA 1: Valores superiores a 0,05 mg/l deben confirmarse por técnica de Absorción Atómica / Horno de grafito / Generador de hidruros.

* NOTA 2: Según ley 18284 CAA a partir del 01/06/07 el valor máximo permitido es de 0,01 mg/l. Se establece un plazo de 5 años para adecuarse al mismo.

** NOTA 3: Este parámetro es interpretado según el máximo permitido por el CAA sin tener en cuenta la variable temperatura media y máxima del año de la zona.
Para Bahía Blanca y zona de influencia el límite superior es 1,3 mg/l.
Según Ley 11.820 de la Provincia Buenos Aires el valor máximo tolerable es de 1,5 mg/l.

[Firma]
DR. SERGIO D. VEGA
LIC. EN QUIMICA
LABORATORIO INDUSTRIAL BROMATOLOGICO
MPCPO 5702
CUIL 20-27367874-4

San Martín 68 - B8000FIB - Bahía Blanca
Tel.: 0291-459 9951 - Fax: 0291-459 9998
laboratorios@iaca.com.ar - www.iaca.com.ar

IACA LABORATORIOS
 San Martín 68 - Galerías Plaza - B8000FIB-Bahía Blanca-Argentina
 Tel. (0291)4599999 - Fax. (0291)4599998 - www.iaca.com.ar
 Laboratorio Clínico: laboratorios@iaca.com.ar
 Laboratorio Industrial: quimicaindustrial@iaca.com.ar

Corresponde a: COOPERATIVA DE SAN BLAS Informe: 003011100
 Solicitado por: COOPERATIVA DE SAN BLA Fecha: 01/03/10

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: SAN BLAS
 Lugar de extraccion.....: BOMBA EXTRACCION MUESTRA N° 2

Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	6,6	
Solidos disueltos totales	1600	mg/l
Dureza total (en CaCO3).....	220	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO3).....	500	mg/l
Cloruros (en Cl).....	600	mg/l
Sulfatos (en SO4)	75	mg/l
Calcio (en Ca)	26	mg/l
Nitratos (en NO3)	8	mg/l
Nitritos (en NO2)	< 0.01	mg/l
Amonio (en NH4)	< 0.01	mg/l
Arsenico (semicuantitativo - As) ..	0.06	mg/l *
Fluoruros (en F).....	2.3	mg/l **
Sodio (en Na)	550	mg/l
Magnesio (en Mg)	37	mg/l
Hierro (en Fe)	-	mg/l
Vanadio (en V).....	-	mg/l
Plomo (en Pb).....	-	mg/l
Manganeso (en Mn).....	-	mg/l
Cloro residual total.....	-	mg/l

* NOTA 1: Valores superiores a 0,05 mg/l deben confirmarse por técnica de
 Absorción Atómica / Horno de grafito / Generador de hidruros.

* NOTA 2: Según ley 18284 CAA a partir del 01/06/07 el valor máximo permitido es
 de 0,01 mg/l. Se establece un plazo de 5 años para adecuarse al mismo.

** NOTA 3: Este parámetro es interpretado según el máximo permitido por el CAA sin tener
 en cuenta la variable temperatura media y máxima del año de la zona.
 Para Bahía Blanca y zona de influencia el límite superior es 1,3 mg/l.
 Según Ley 11.820 de la Provincia Buenos Aires el valor máximo
 tolerable es de 1,5 mg/l.

VALORES DE REFERENCIA SEGUN CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO: AGUA POTABLE. ART. 982

Para los fluoruros la cantidad máxima se da en función de la temperatura
 promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida.

TEMPERATURA DEL AÑO (°C)	LIMITES (mg/l)
--------------------------	----------------

Corresponde a: COOPERATIVA DE SAN BLAS
Solicitado por: COOPERATIVA DE SAN BLA

Informe: 003011101
Fecha: 01/03/10

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: SAN BLAS
Lugar de extraccion.....: BOMBAS EXTRACCION MUESTRA N° 4

Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	7,9	
Solidos disueltos totales	802	mg/l
Dureza total (en CaCO ₃).....	170	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO ₃).....	405	mg/l
Cloruros (en Cl).....	185	mg/l
Sulfatos (en SO ₄).....	70	mg/l
Calcio (en Ca)	18	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	7	mg/l
Nitritos (en NO ₂)	< 0.01	mg/l
Amonio (en NH ₄)	< 0.01	mg/l
Arsenico (semicuantitativo - As) ..	< 0.05	mg/l *
Fluoruros (en F).....	1.4	mg/l **
Sodio (en Na)	245	mg/l
Magnesio (en Mg)	30	mg/l
Hierro (en Fe)	-	mg/l
Vanadio (en V).....	-	mg/l
Plomo (en Pb).....	-	mg/l
Manganeso (en Mn).....	-	mg/l
Cloro residual total.....	-	mg/l

* NOTA 1: Valores superiores a 0,05 mg/l deben confirmarse por técnica de
Absorción Atómica / Horno de grafito / Generador de hidruros.

* NOTA 2: Según ley 18284 CAA a partir del 01/06/07 el valor máximo permitido es
de 0,01 mg/l. Se establece un plazo de 5 años para adecuarse al mismo.

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: SAN BLAS
Lugar de extraccion.....: BOMBAS EXTRACCION MUESTRA N° 6

Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	8,2	
Solidos disueltos totales	1095	mg/l
Dureza total (en CaCO ₃).....	220	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO ₃).....	540	mg/l
Cloruros (en Cl).....	285	mg/l
Sulfatos (en SO ₄).....	60	mg/l
Calcio (en Ca)	20	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	8	mg/l
Nitritos (en NO ₂)	< 0.01	mg/l
Amonio (en NH ₄)	< 0.01	mg/l
Arsenico (semicuantitativo - As) ..	0.08	mg/l *
Fluoruros (en F).....	1.4	mg/l **
Sodio (en Na)	350	mg/l
Magnesio (en Mg)	40	mg/l
Hierro (en Fe)	-	mg/l
Vanadio (en V).....	-	mg/l
Plomo (en Pb).....	-	mg/l
Manganeso (en Mn).....	-	mg/l
Cloro residual total.....	-	mg/l

* NOTA 1: Valores superiores a 0,05 mg/l deben confirmarse por técnica de
Absorción Atómica / Horno de grafito / Generador de hidruros.

* NOTA 2: Según ley 18284 CAA a partir del 01/06/07 el valor máximo permitido es.
de 0,01 mg/l. Se establece un plazo de 5 años para adecuarse al mismo.

** NOTA 3: Este parámetro es interpretado según el máximo permitido por el CAA sin tener
en cuenta la variable temperatura media y máxima del año de la zona.
Para Bahía Blanca y zona de influencia el límite superior es 1,3 mg/l.
Según Ley 11.820 de la Provincia Buenos Aires el valor máximo
tolerable es de 1,5 mg/l.

Corresponde a: COOPERATIVA DE SAN BLAS
Solicitado por: COOPERATIVA DE SAN BLA

Informe: 003011102
Fecha: 01/03/10

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: SAN BLAS
Lugar de extraccion.....: BOMBAS EXTRACCION MUESTRA N° 5

Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	8,4	
Solidos disueltos totales	872	mg/l
Dureza total (en CaCO ₃).....	110	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO ₃).....	400	mg/l
Cloruros (en Cl).....	240	mg/l
Sulfatos (en SO ₄)	40	mg/l
Calcio (en Ca)	8	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	9	mg/l
Nitritos (en NO ₂)	< 0.01	mg/l

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: SAN BLAS
Lugar de extraccion.....: BOMBAS EXTRACCION MUESTRA N° 6

Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	8,2	
Solidos disueltos totales	1095	mg/l
Dureza total (en CaCO ₃).....	220	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO ₃).....	540	mg/l
Cloruros (en Cl).....	285	mg/l
Sulfatos (en SO ₄)	60	mg/l
Calcio (en Ca)	20	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	8	mg/l
Nitritos (en NO ₂)	< 0.01	mg/l
Amonio (en NH ₄)	< 0.01	mg/l
Arsenico (semicuantitativo - As) ..	0.08	mg/l *
Fluoruros (en F).....	1.4	mg/l **
Sodio (en Na)	350	mg/l
Magnesio (en Mg)	40	mg/l
Hierro (en Fe)	-	mg/l
Vanadio (en V).....	-	mg/l
Plomo (en Pb).....	-	mg/l
Manganeso (en Mn).....	-	mg/l
Cloro residual total.....	-	mg/l

* NOTA 1: Valores superiores a 0,05 mg/l deben confirmarse por técnica de
Absorción Atómica / Horno de grafito / Generador de hidruros.

* NOTA 2: Según ley 18284 CAA a partir del 01/06/07 el valor máximo permitido es.
de 0,01 mg/l. Se establece un plazo de 5 años para adecuarse al mismo.

** NOTA 3: Este parámetro es interpretado según el máximo permitido por el CAA sin tener
en cuenta la variable temperatura media y máxima del año de la zona.
Para Bahía Blanca y zona de influencia el límite superior es 1,3 mg/l.
Según Ley 11.820 de la Provincia Buenos Aires el valor máximo
tolerable es de 1,5 mg/l.

Corresponde a: COOPERATIVA DE SAN BLAS
Solicitado por: COOPERATIVA DE SAN BLA

Informe: 003011104
Fecha: 01/03/10

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: SAN BLAS
Lugar de extraccion.....: BOMBAS EXTRACCION MUESTRA N° 7

Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	7,1	
Solidos disueltos totales	1635	mg/l
Dureza total (en CaCO ₃).....	260	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO ₃).....	550	mg/l
Cloruros (en Cl).....	550	mg/l
Sulfatos (en SO ₄)	125	mg/l
Calcio (en Ca)	14	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	12	mg/l
Nitritos (en NO ₂)	< 0.01	mg/l
Amonio (en NH ₄)	0.01	mg/l
Arsenico (semicuantitativo - As) ..	0.09	mg/l *
Fluoruros (en F).....	1.9	mg/l **
Sodio (en Na)	545	mg/l
Magnesio (en Mg)	54	mg/l
Hierro (en Fe)	-	mg/l
Vanadio (en V).....	-	mg/l
Plomo (en Pb).....	-	mg/l
Manganeso (en Mn).....	-	mg/l
Cloro residual total.....	-	mg/l

* NOTA 1: Valores superiores a 0,05 mg/l deben confirmarse por técnica de
Absorción Atómica / Horno de grafito / Generador de hidruros.

* NOTA 2: Según ley 18284 CAA a partir del 01/06/07 el valor máximo permitido es
de 0,01 mg/l. Se establece un plazo de 5 años para adecuarse al mismo.

** NOTA 3: Este parámetro es interpretado según el máximo permitido por el CAA sin tener
en cuenta la variable temperatura media y máxima del año de la zona.
Para Bahía Blanca y zona de influencia el límite superior es 1,3 mg/l.
Según Ley 11.820 de la Provincia Buenos Aires el valor máximo
tolerable es de 1,5 mg/l.

Corresponde a: COOPERATIVA DE SAN BLAS
Solicitado por: COOPERATIVA DE SAN BLA

Informe: 003011105
Fecha: 01/03/10

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: SAN BLAS
Lugar de extraccion.....: BOMBAS EXTRACCION MUESTRA N° 8

Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	8,0	
Solidos disueltos totales	1575	mg/l
Dureza total (en CaCO ₃).....	190	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO ₃).....	430	mg/l
Cloruros (en Cl).....	650	mg/l
Sulfatos (en SO ₄)	50	mg/l
Calcio (en Ca)	26	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	8	mg/l
Nitritos (en NO ₂)	< 0.01	mg/l
Amonio (en NH ₄)	0.01	mg/l
Arsenico (semicuantitativo - As) ..	< 0.05	mg/l *
Fluoruros (en F).....	1.6	mg/l **
Sodio (en Na)	548	mg/l
Magnesio (en Mg)	30	mg/l
Hierro (en Fe)	-	mg/l
Vanadio (en V).....	-	mg/l
Plomo (en Pb).....	-	mg/l
Manganeso (en Mn).....	-	mg/l
Cloro residual total.....	-	mg/l

Corresponde a: COOPERATIVA DE SAN BLAS
Solicitado por: COOPERATIVA DE SAN BLA

Informe: 003011106
Fecha: 01/03/10

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Muestra procedente de.....: SAN BLAS
Lugar de extraccion.....: BOMBAS EXTRACCION MUESTRA N° 9

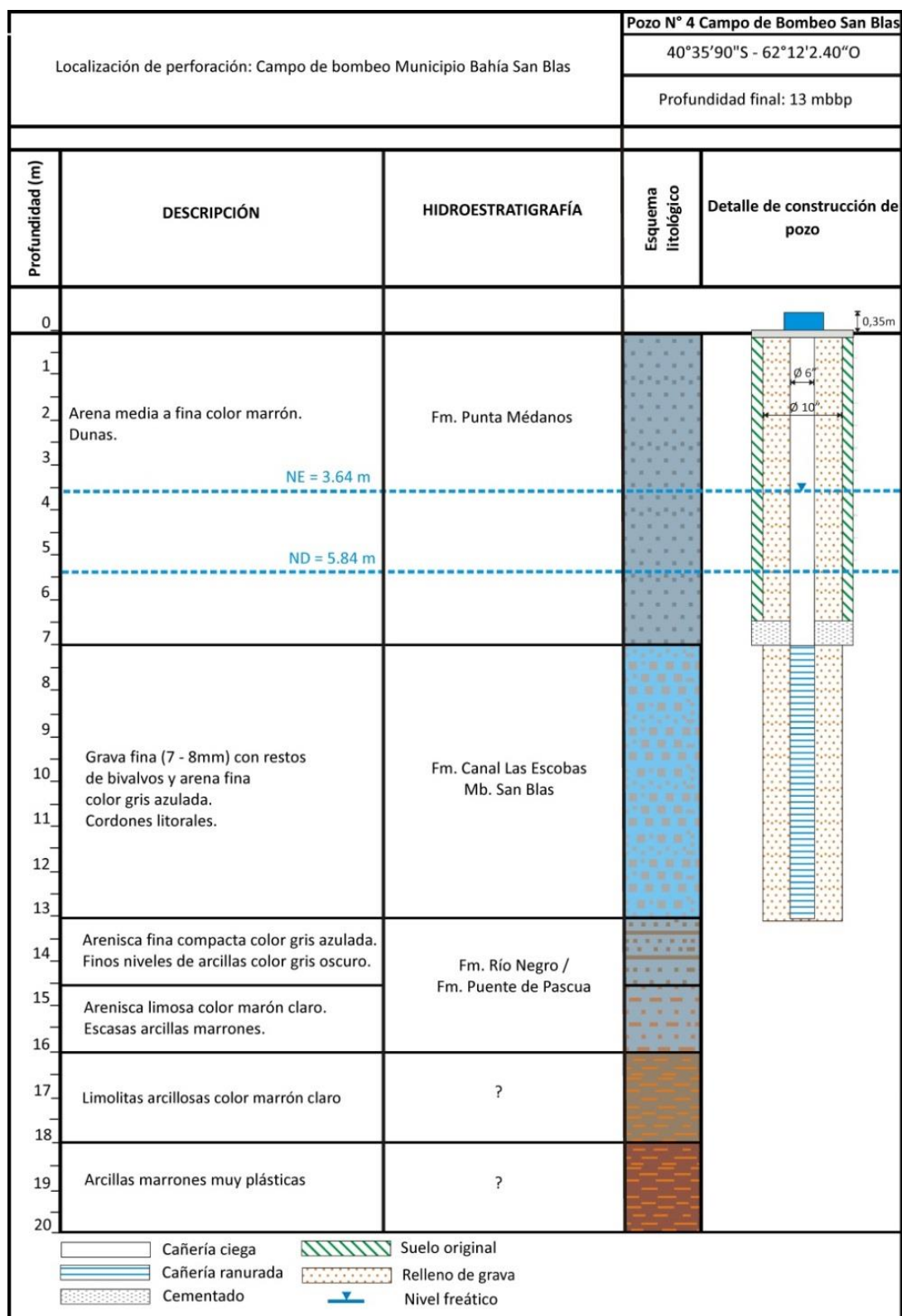
Color.....	Incolora	
Turbiedad.....	No presenta	
Olor	Inodora	
pH (Potenciometrico).....	6,7	
Solidos disueltos totales	1215	mg/l
Dureza total (en CaCO ₃).....	200	mg/l
Alcalinidad total (en CaCO ₃).....	490	mg/l
Cloruros (en Cl).....	340	mg/l
Sulfatos (en SO ₄)	100	mg/l
Calcio (en Ca)	14	mg/l
Nitratos (en NO ₃)	8	mg/l
Nitritos (en NO ₂)	< 0.01	mg/l
Amonio (en NH ₄)	< 0.01	mg/l
Arsenico (semicuantitativo - As) ..	0.08	mg/l *
Fluoruros (en F).....	2.1	mg/l **
Sodio (en Na)	415	mg/l
Magnesio (en Mg)	40	mg/l
Hierro (en Fe)	-	mg/l
Vanadio (en V).....	-	mg/l
Plomo (en Pb).....	-	mg/l
Manganeso (en Mn).....	-	mg/l
Cloro residual total.....	-	mg/l

* NOTA 1: Valores superiores a 0,05 mg/l deben confirmarse por técnica de
Absorción Atómica / Horno de grafito / Generador de hidruros.

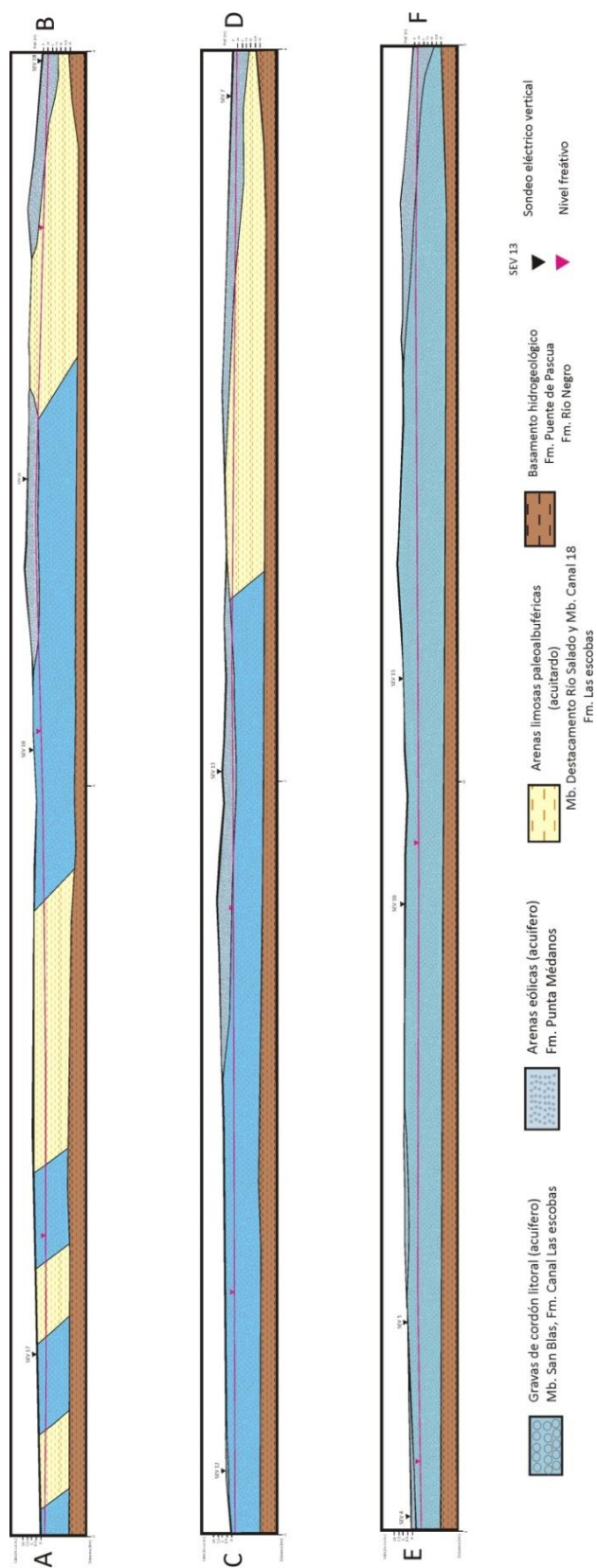
* NOTA 2: Según ley 18284 CAA a partir del 01/06/07 el valor máximo permitido es
de 0,01 mg/l. Se establece un plazo de 5 años para adecuarse al mismo.

** NOTA 3: Este parámetro es interpretado según el máximo permitido por el CAA sin tener
en cuenta la variable temperatura media y máxima del año de la zona.
Para Bahía Blanca y zona de influencia el límite superior es 1,3 mg/l.
Según Ley 11.820 de la Provincia Buenos Aires el valor máximo
tolerable es de 1,5 mg/l.

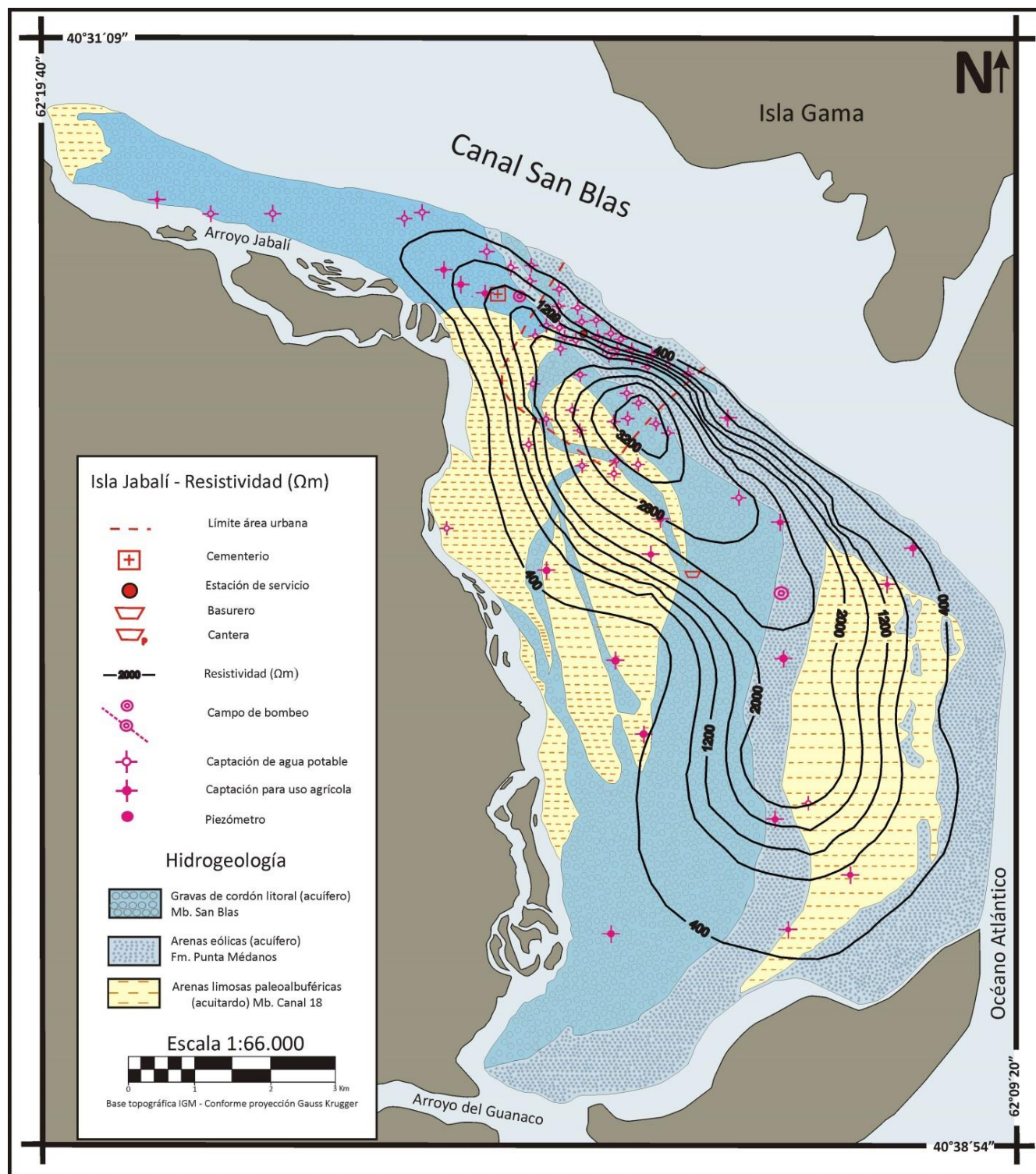
Anexo IV – Perfiles y Mapas

Perfil de un pozo tipo

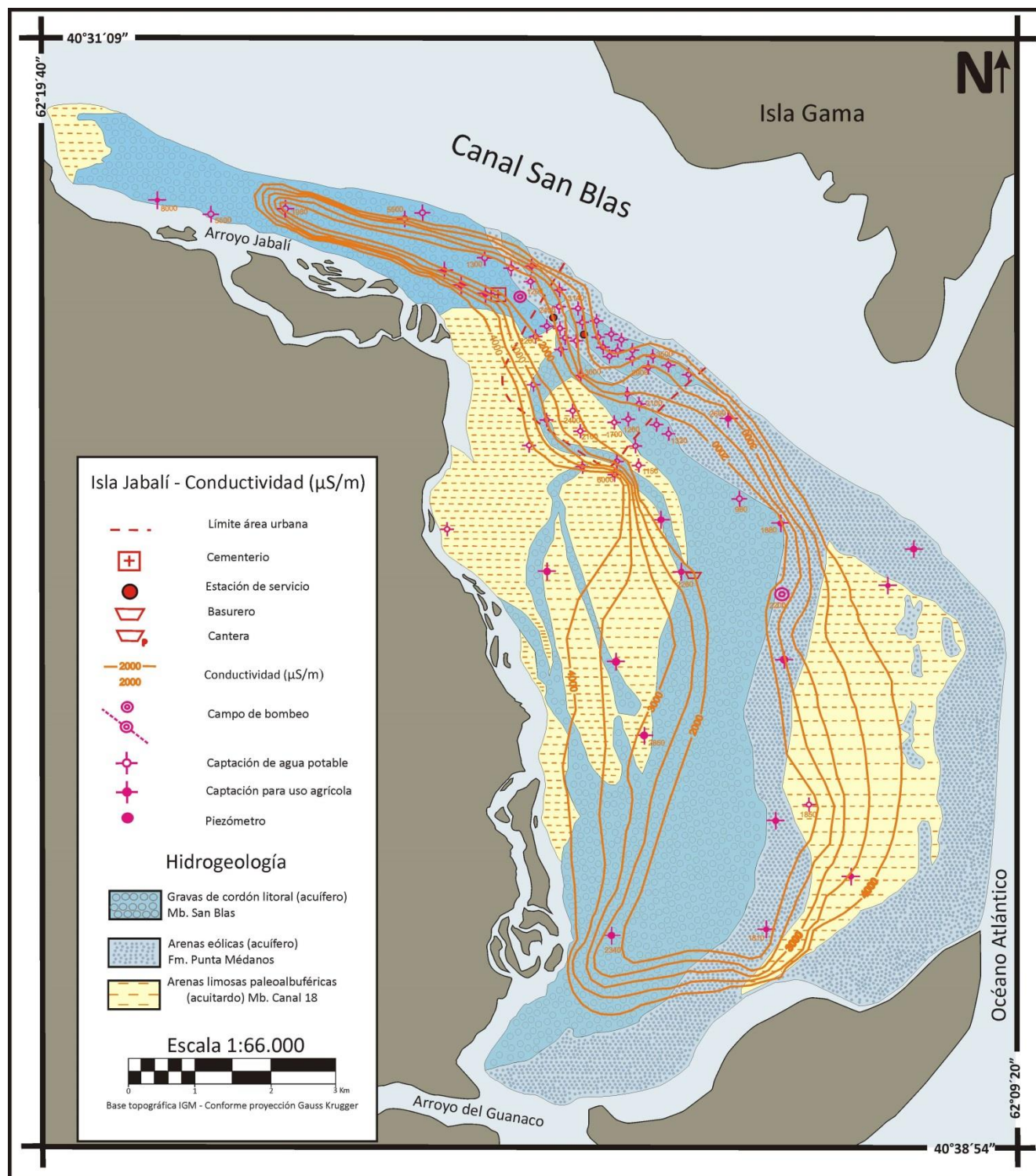
Perfiles Hidroestratigráficos de la Isla



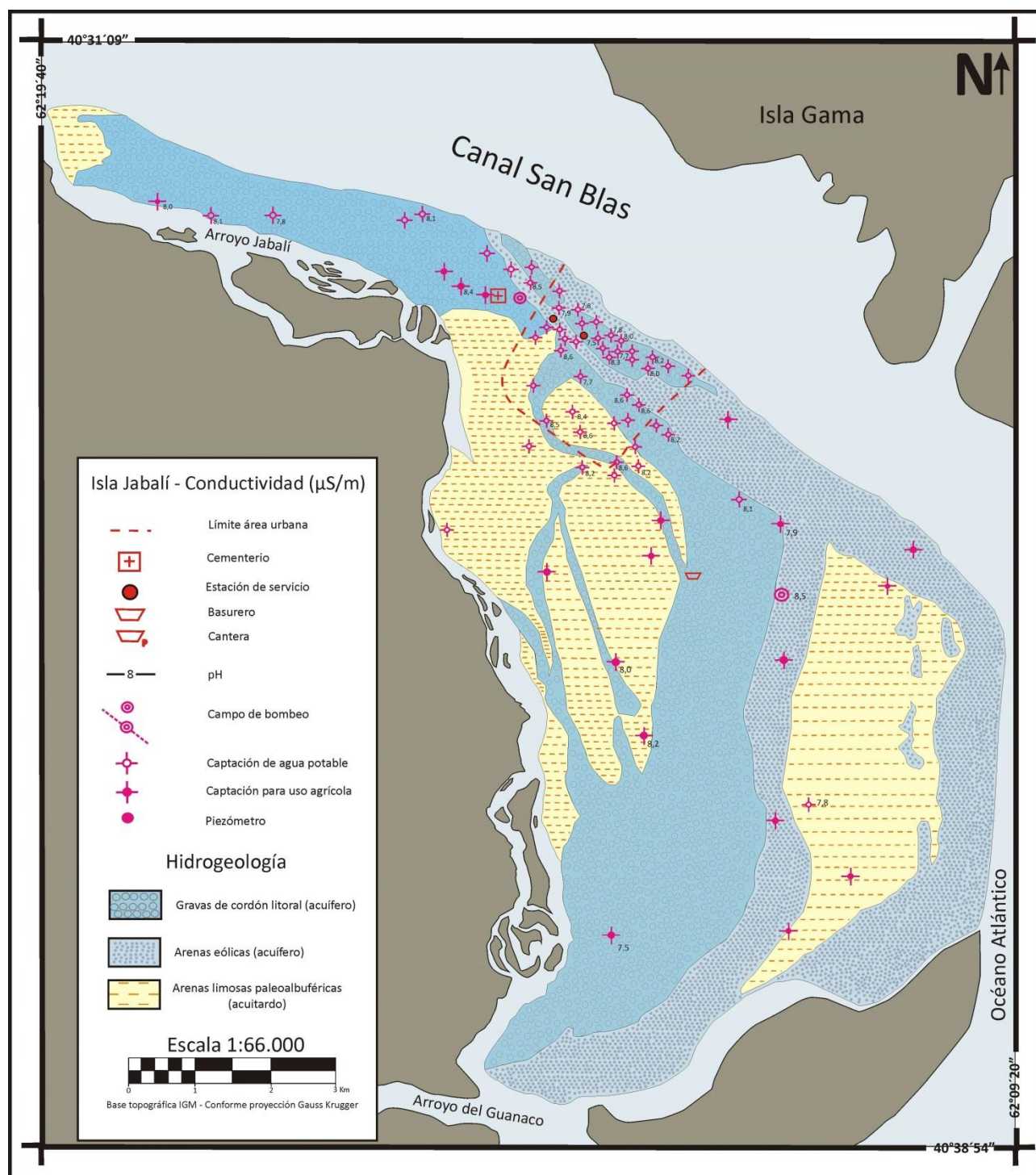
Mapa de Resistividad



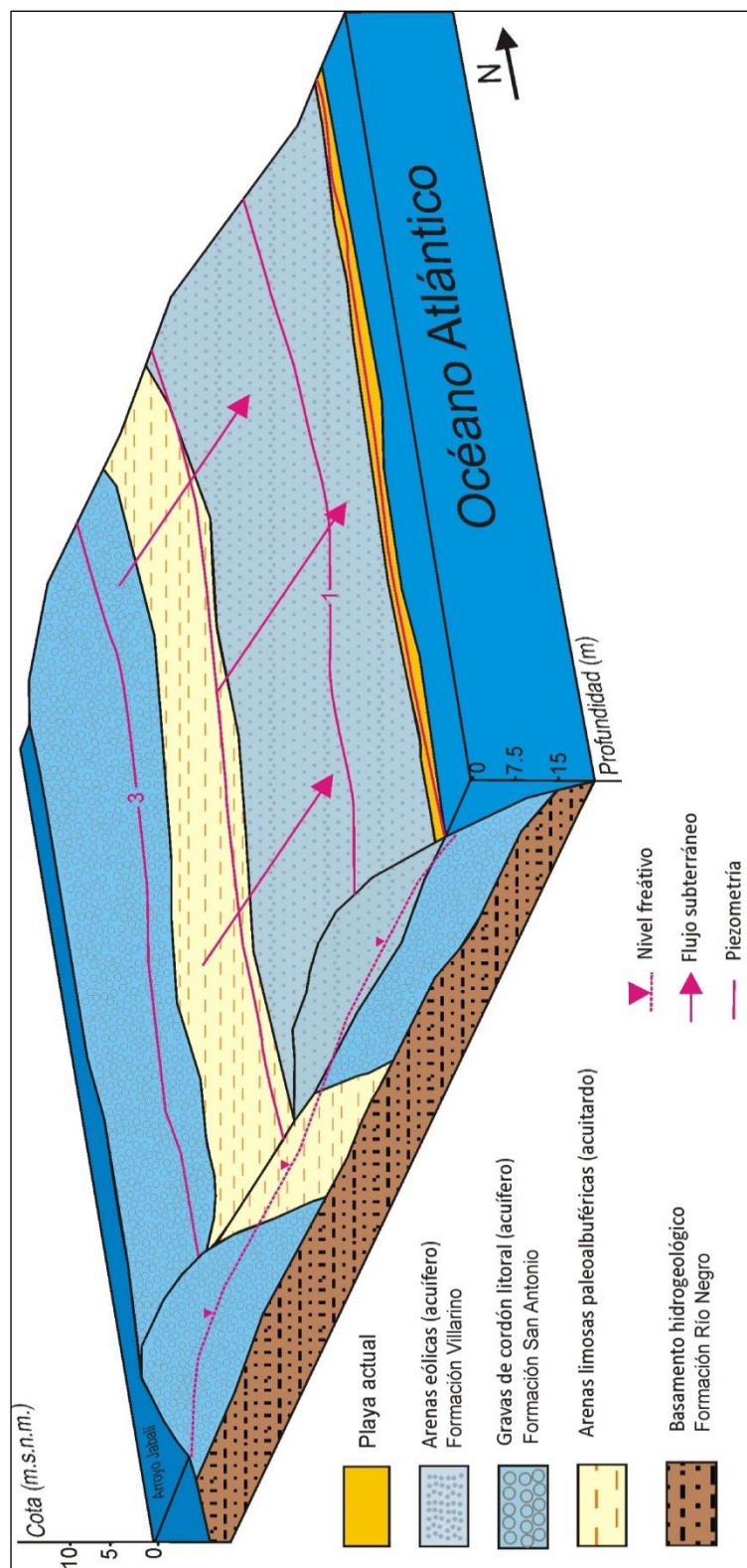
Mapa de Conductividad



Mapa de pH



Modelo Hidrogeológico local



Mapa Hidrogeológico

