



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA AUSTRAL**

**Programa de Posgrado Interinstitucional en Ciencias Hídricas
(con mención ambiental)**

**Trabajo final o tesina de la carrera de
Especialización en Contaminación de Aguas Subterráneas**

**SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RECURSOS
HÍDRICOS SUBTERRÁNEAS ZON “EL TRÉBOL”,
COMODOROR RIVADAVIA, CHUBUT, ARGENTINA.**

Silvana Edith Fronza

Director de tesina: Geólogo Mario Grizinik

Jurados: Dr. Juan José Serra, Dr. Oscar Martinez y Dr. Claudio Lexow

Comodoro Rivadavia, Diciembre del 2015



Agradecimientos

Al Geólogo Mario Grizinik director del presente trabajo, por haberme abierto las puertas de la Cátedra de Hidrogeología de la UNPSJB en el año 1989 y haberme sus conocimientos Asimismo por permitirme la posibilidad de participar en numerosos proyectos conjuntos realizados hasta el presente.

Al ingeniero Daniel Acosta y al Sr. Laureano Barrionuevo de la Dirección de Obras y Servicios Públicos por los aportes realizados y la información suministrada.

A la licenciada Cintia Chávez y a la ingeniera Andrea Ramírez de la Subsecretaría de Ambiente de la Municipalidad de Comodoro Rivadavia. Dirección de Gestión Ambiental del Agua, por la posibilidad de consulta bibliográfica y acompañamiento en las tareas de campo para poder realizar el censo de pozos.

Al ex compañero de YPF S.A. y operativo del Yacimiento El Trébol, Esteban Masclans por acompañarme y facilitarme el acceso al yacimiento dentro del cual se ubican los pozos de agua de la provincia y los que opera la empresa para abastecimiento de agua potable.

Al geólogo Alejandro Montes y a los ex alumnos de la cursada 2013 y 2014 quienes me acompañaron a realizar el ensayo de bombeo del pozo Ex OSN 19.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	2
CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS.....	2
1.1 RELIEVE.....	2
1.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	4
1.3 HIDROGEOLOGÍA.....	8
RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	11
CENSO DE POZOS.....	13
ENSAYO DE BOMBEO.....	16
CONSLUSIONES.....	20
BIBLIOGRAFÍA.....	21

ABSTRACT:

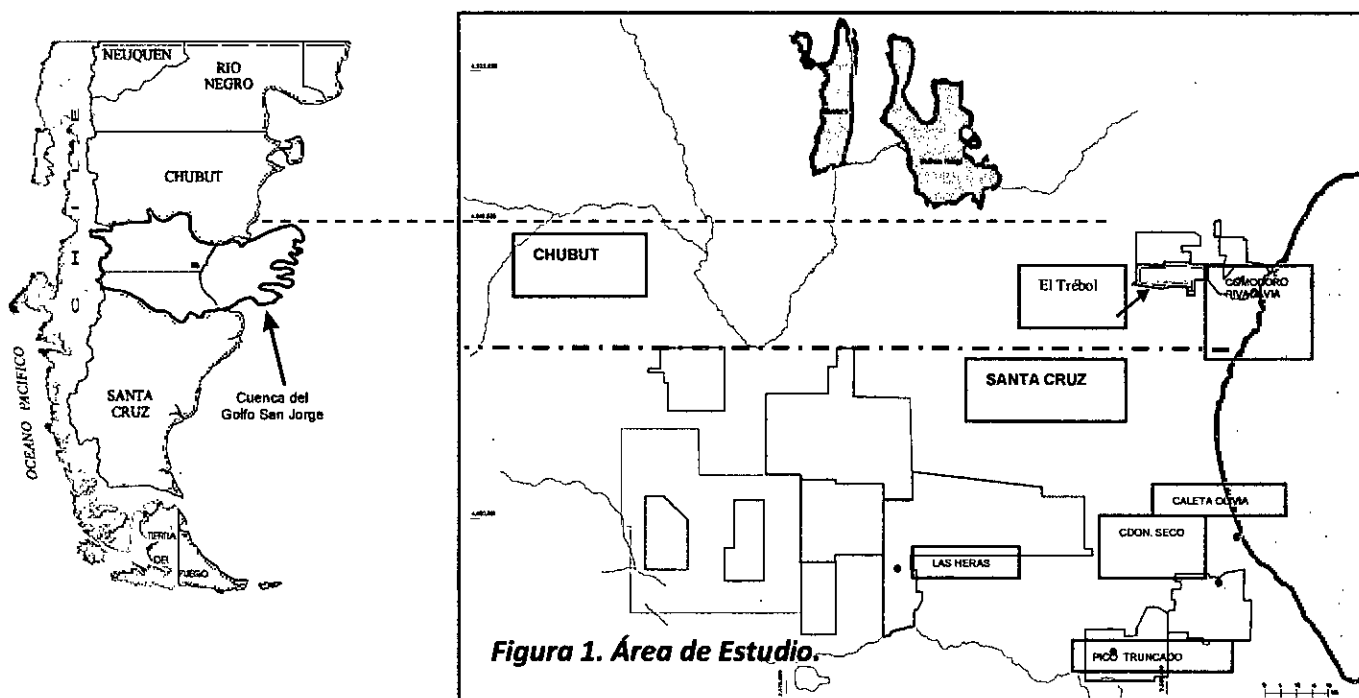
The purpose of this paper was a first evaluation of the hydrologic reserves in El Trebol field located in the north flank of San Jorge Basin , Chubut province, Argentina.

The water wells were drilled by YPF to provide water for oil activity and transferred later to Recursos Hidricos Provinciales.

The main objective was to evaluate the changes of piezometric levels during time and make a pumping test to obtain the hydrologic parameters and compare them with the historic values.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se sitúa en el Flanco Norte de la Cuenca del Golfo San Jorge, en el área denominada El Trébol distante a unos 40 km. al oeste de la ciudad de Comodoro Rivadavia, Provincia de Chubut, Argentina (Fig. 1). El mismo reviste suma importancia debido a la producción hidrocarburífera asociada a un gran número de pozos petrolíferos perforados. En un principio los primeros pozos de agua fueron perforados por la empresa Yacimientos Petrolíferos Fiscales y transferidos posteriormente a la Dirección de Recursos Hídricos de la provincia de Chubut.



ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Hacia finales de la década del 50 la ciudad de Comodoro Rivadavia estaba experimentando un notable crecimiento demográfico debido al auge y desarrollo de la explotación petrolera, resultando en consecuencia insuficientes las fuentes de abastecimiento de agua potable existentes en la zona, siendo la más importante Manantiales Behr que era operada por Yacimiento Petrolíferos Fiscales (YPF) (Tabla 1).

Consecuentemente YPF como institución estatal centralizada tuvo que encarar ante la escasez del recurso hídrico, la provisión del vital elemento para sus propias necesidades industriales y comerciales como así también colaborar aportando el recurso a la población de Comodoro Rivadavia.

Tabla 1. Agua entregada por YPF a Obras Sanitarias de la Nación en Comodoro Rivadavia.
(Datos extraídos de Legajos pertenecientes a ex Yacimientos Petrolíferos Fiscales).

TOTAL AÑO 1956	793.593 m ³
TOTAL AÑO 1957	898.695 m ³

En ese momento las principales captaciones se encontraban en la zona de Manantiales Behr y aportaban 13.450 m³/d.

CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS

1.1 RELIEVE

La zona central corresponde a una faja extendida en dirección SO-NE que exhibe un relieve plano con una suave inclinación al NE, que representa el relieve mesetiforme de la Pampa del Castillo. Esta zona exhibe las mayores altitudes, registrándose valores máximos de 720 m.s.n.m. La misma constituye topográficamente una importante divisoria de aguas. Las curvas de nivel muestran para esta zona central límites al E y O de características irregulares producto de la presencia de cárcavas y cañadones.

La zona oeste exhibe una pendiente general que inclina en dirección O/NO. En este sector existe un descenso del valor de las curvas de nivel configurando una angosta franja adyacente al borde de la meseta, con valores de pendientes máximas 15° y 20°. La zona este presenta un relieve más irregular con numerosos cañadones de mayor envergadura que en borde oeste de la Pampa del Castillo. La pendiente general inclina hacia el este observándose los mayores gradientes en las laderas de los cañadones (Fig. 2).

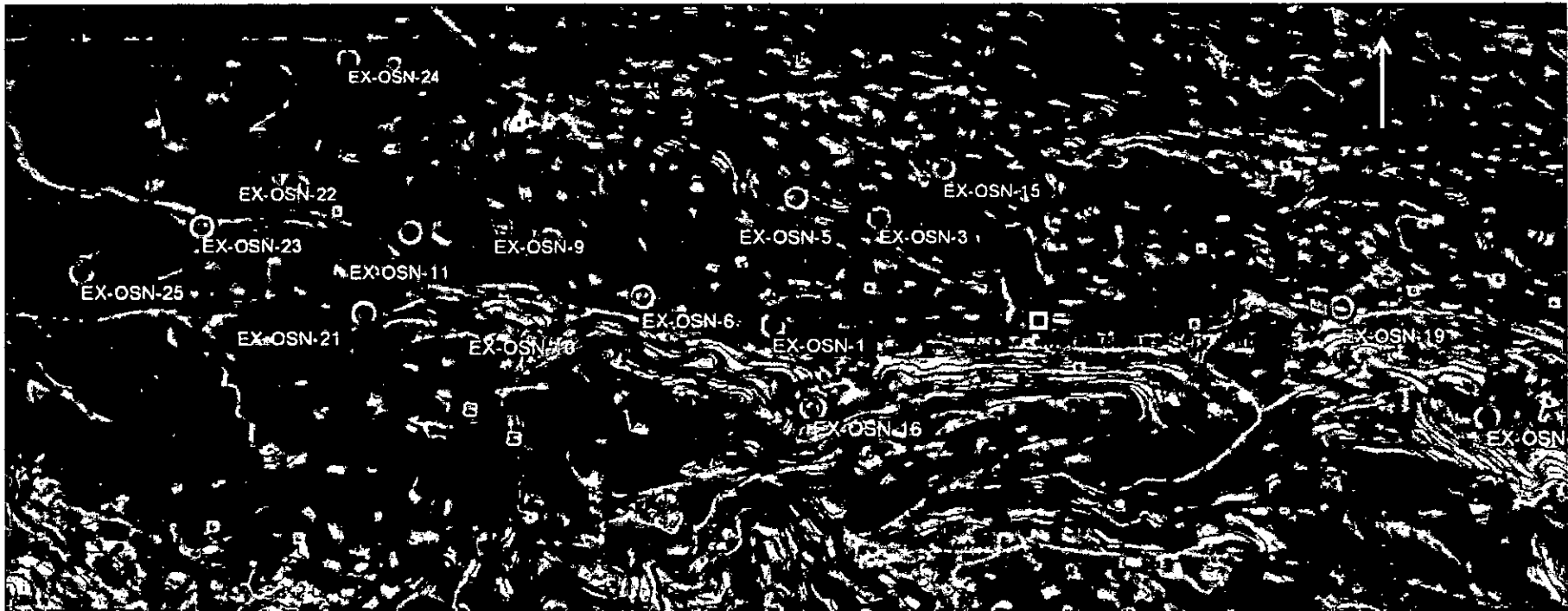


Figura 2. Imagen tomada del Google Earth donde puede observarse la topografía y la ubicación de los pozos que pudieron ser ubicados.

1.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Geología

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona, corresponden a sedimentitas cenozoicas. Para la descripción de dichas unidades, se utilizó la Hoja Geológica 4569-IV ESCALANTE (en elaboración) confeccionada a escala 1:250.000 por el Servicio Geológico Minero (SEGEMAR) (Fig.3).

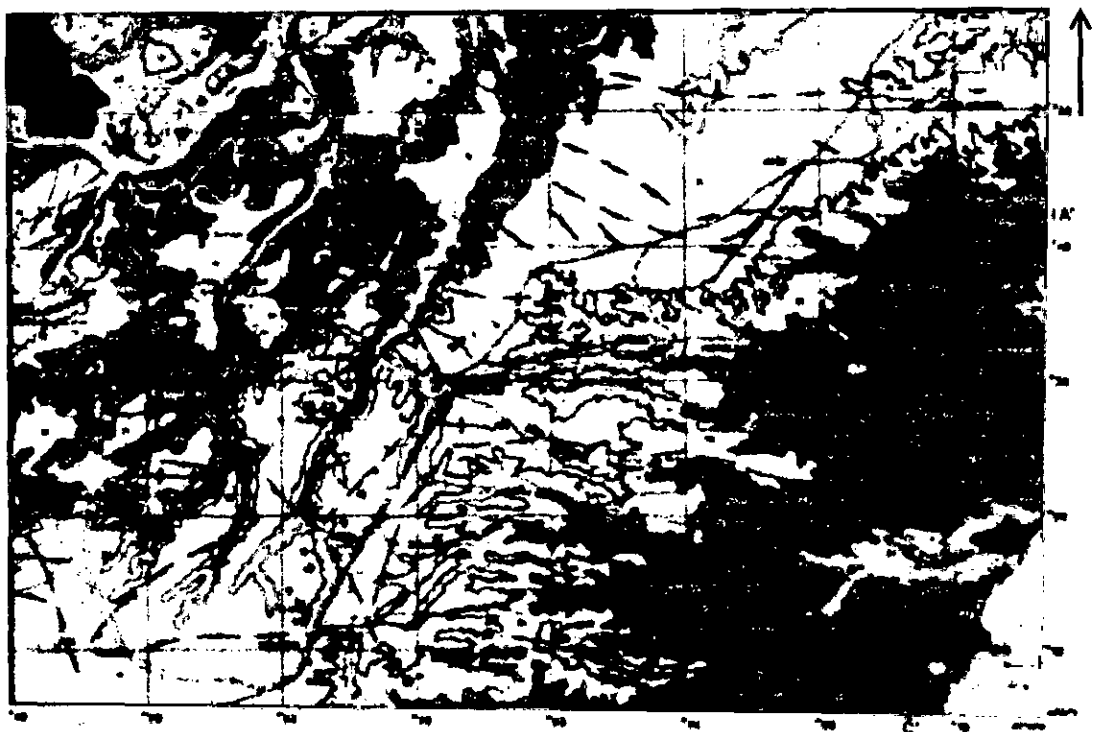


Figura. 3 Hoja Geológica 4569-IV ESCALANTE (en elaboración) confeccionada a escala 1:250.000 por el Servicio Geológico Minero (SEGEMAR).

Descripción Estratigráfica de Unidades Aflorantes en la Zona de Interés.

TERCIARIO

Oligoceno superior - Mioceno

Formación Chenque (o Patagonia)

Estos depósitos de amplio desarrollo a nivel regional, constituyen la principal formación de la zona y se presentan formando el cuerpo principal del relieve mesetiforme. Se caracteriza por areniscas finas de ambiente de playa y arcillitas de color gris verdoso de ambiente de plataforma. Las areniscas presentan estratificación entrecruzada en artesa generadas por corrientes tractivas. Presenta bancos fosilíferos con restos de valvas de *astreas*, *balanus*, *turritelas*, *pecten*, etc, que se interpretan como bancos de tormenta (tempestitas).

Mioceno

Formación Santa Cruz

Aflora en la parte alta de ambos frentes de la Pampa del Castillo. Al este de la misma (sector involucrado en el área de interés) aflora a partir de los 450 o 500 m.s.n.m. o sea que su presencia y mayor espesor requieren topografías elevadas. En general, la unidad está constituida por sedimentos epiclásticos predominantes y piroclásticos subordinados. Las areniscas son grises y amarillentas, finas a gruesas, alternando con lentes conglomerádicos macizos y entrecruzados, de base neta y erosiva, con intraclastos de los niveles inferiores, numerosos troncos y fragmentos de madera petrificada, representando el depósito en canales fluviales.

Intercalan tobas cineríticas grises, blanquecinas, verdosas amarillentas, gris oscuro por contenido de materia orgánica. Alternan con sedimentitas finas, depositadas en aguas tranquilas mediante los desbordes de las corrientes fluviales en pantanos extensos (*Feruglio, 1949*).

Existe una relación de concordancia entre esta unidad y la anterior, ya que se pasa transicionalmente desde la F. Patagonia (o Chenque) a la F. Santa Cruz, mientras que su techo se encuentra erosionado por los Rodados Patagónicos.

Plioceno

Depósitos Aterrazados de Pampa de Castillo

Corresponde al nivel de gravas más elevado de toda la zona, pero no es un único nivel, ya que existen escalones menores, con resaltos que oscilan en decenas de metros entre ellos. Es el primer nivel de terrazas claramente preservado en la zona patagónica. O sea que este depósito de gravas, que constituye una morfología de meseta inclinada, es la más alta y antigua del área, posiblemente perteneciente al Plioceno. Estos depósitos ocupan gran parte del área de interés y se ubican en zonas que fueron estructural y topográficamente bajas, ya que, en general, los grandes anticlinales no fueron cubiertos por estas gravas. Así, hacia el sureste de la meseta, existía durante su acumulación, un alto topográfico que impedía la desembocadura de los cursos fluviales en el golfo San Jorge.

El depósito en general está constituido por gravas arenosas principalmente de rocas volcánicas porfíricas, que habrían provenido desde la zona cordillerana del noroeste del macizo del Deseado, donde los afloramientos de esas rocas del Jurásico superior están ampliamente distribuidos (*Césari et al., 1986*). Este mismo autor incluye a los depósitos de Pampa del Castillo junto con la Meseta de Guenguel y las Pampas Salamancas, Montemayor y el C^o Cuadrado dentro del nivel I considerando que este conjunto es el más alto y antiguo.

Según *Cesari et. al. 1994* las gravas de estas planicies (nivel I) han recorrido más de 600 km entre la zona de origen (cordillera Andina y el escudo del Deseado) y la costa. Estos depósitos se originaron en las morenas pedemontanas, configurando amplios valles de fondo chato, con un diseño entremezclado de múltiples canales, evidentes en imágenes satelitales y fotos aéreas. Se asume que hubo involucrado grandes caudales, solo posibles a partir de la ablación de múltiples glaciares.

CUATERNARIO

Depósitos sobre Pedimentos

Estos planos de erosión o pedimentos, con pendiente hacia el Valle Hermoso, Río Chico están labrados sobre las sedimentitas de las formaciones Santa Cruz, Patagonia, Sarmiento, Río Chico, Salamanca y Grupo Chubut, tienen una delgada (aunque localmente suele ser espesa) cubierta de gravas arenosas, redepósitos provenientes del primer nivel de terrazas. Predominan las que tienen pendiente hacia el Valle Hermoso y el valle del Río Chico.

González Díaz (2004), considera que la cubierta detrítica forma parte del propio pedimento, y que corresponde a material en tránsito que coetáneamente se movilizaba sobre su superficie durante el desarrollo del pedimento. Esta no es solo una superficie de erosión, sino también de transporte entre la zona de erosión y una zona inferior de acumulación.

Materiales Aluviales – Coluviales

Son materiales arrancados y depositados por las aguas corrientes después de las avenidas de los ríos y también por descenso lateral. Corresponden a depósitos recientes producidos por la meteorización de las rocas de edad terciaria, distribuidos por la arroyada temporaria. Su composición es variada entre gravas, arenas, limos y arcillas, entremezclados en proporciones variables.

Se da normalmente en los bajos topográficos, muchas veces endorreicos, donde la erosión y sedimentación coetáneas se producen por una interacción eólica hídrica. También en los cañadones y en los frentes de mesetas, especialmente en las de gravas, los materiales coluviales enmascaran las sedimentitas de las unidades terciarias.

Geomorfología General

El paisaje que compone el área de estudio y sus alrededores, está constituido por diferentes geoformas. Entre los procesos que modelaron dicho paisaje cabe destacar con mayor o menor representatividad la acción fluvio-glaciar, fluvial, hidroeólica y eólica. Asimismo también deben mencionarse las de índole tectónica. En mucho de los casos las geoformas resultantes se deben a la acción de más de un proceso actuante.

Las unidades geomorfológicas que se destacan en la zona son: Nivel Terrazado de la Pampa del Castillo, Cañadones Principales, Cañadones Secundarios, y Pedimentos. (Fig.4)

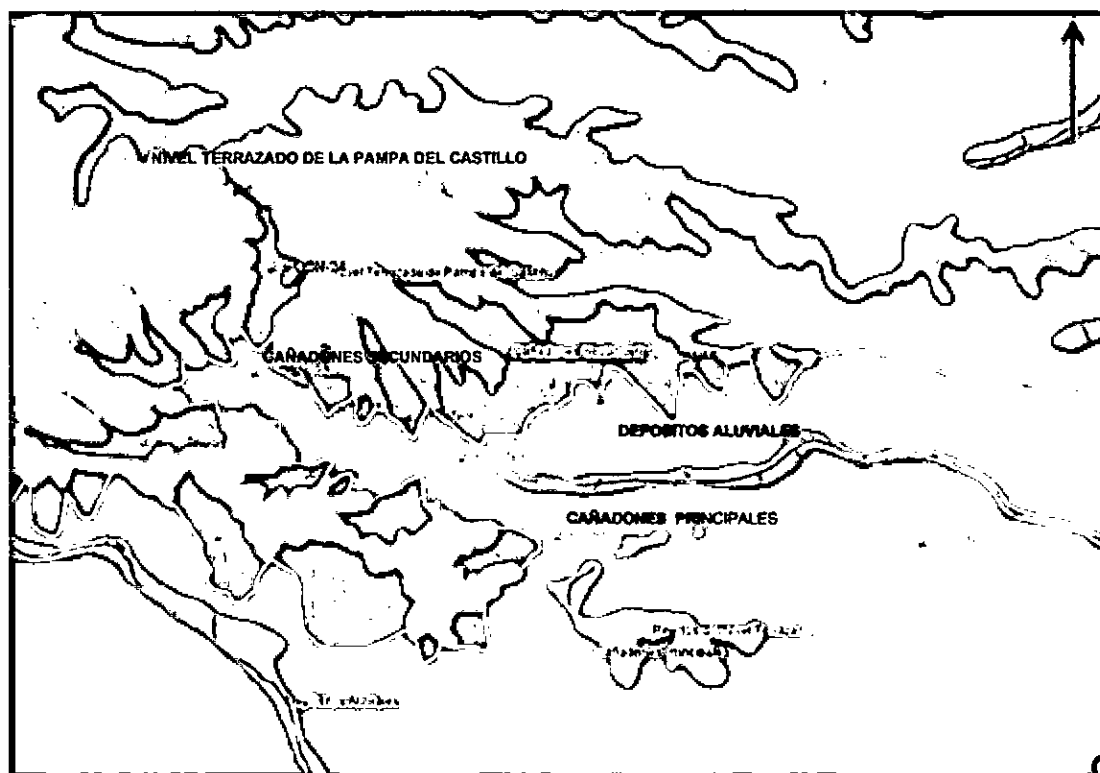


Figura 4. Mapa Geomorfológico a escala 1: 50.000.

El Nivel Terrazado de la Pampa del Castillo es una extensa planicie estructural que se encuentra constituida por numerosos resaltos o desniveles. El mismo se continúa en dirección NE con la Pampa de Salamanca y Meseta Montemayor, en tanto hacia el SW lo hace con la Meseta de Guenguel. Se encuentra cubierto por acumulaciones glacioluviales (Rodados Patagónicos), las cuales sirvieron de protección a través del tiempo de la rápida degradación de la friable secuencia terciaria subyacente.

Sobre la superficie de esta planicie se desarrollaron pequeños bajos, los cuales presentan abundante vegetación asociada. La génesis de los mismos está asociado a la pérdida de competencia de antiguos cursos que recorrían las planicies fluvio-glaciales, esto se refiere a que al reducirse las precipitaciones y el caudal de los cursos hasta interrumpirse en años, el viento se transforma en el principal agente de remoción y transporte de los materiales desarrollando las depresiones (Césari et al. 1994). Estos antiguos cauces (paleocanales) y remanentes de bordes de terrazas, permiten reconstruir las direcciones de los paleodrenajes.

El paisaje en el sector W y SE del Nivel Terrazado Pampa del Castillo se encuentra disectado por numerosos cañadones, los cuales presentan distinto desarrollo y dimensiones, con lo cual se los clasificó en cañadones principales y secundarios. Los

mismos se desarrollaron por erosión retrocedente de los bordes de terrazas, producto de la erosión hidroclástica.

Los cañadones principales son predominantemente subparalelos entre sí, de orientación NW-SE y en ocasiones exhiben laderas de fuertes pendientes. Se destacan entre ellos el El Trébol y los Cañadones Buena Esperanza- El Tordillo ubicados al SE. En tanto al N del nivel terrazado se circunscribe en el área a la zona de Pampa del Castillo cuya orientación es SW-NE.

Los cañadones secundarios son de menores dimensiones, se disponen de manera subperpendicular al borde de terraza y confluyen a los cañadones principales. Los Cañadones Aislados presentan un grado de desarrollo similar a los cañadones secundarios, simplemente se les designó el término de "aislados" debido a que no desaguan en los cañadones principales.

Sobre las laderas de los cañadones que se localizan al SE del nivel terrazado, ya sean principales o secundarios, se observó abundante vegetación. La misma ocasiona en diversos sectores acumulaciones de arena eólica. En general los cañadones son transitados por cursos que presentan un diseño de drenaje dendrítico y son de carácter efímero. En numerosas ocasiones se han observado mallines asociados a estas geoformas. Otra unidad geomorfológica diferenciada en el área de interés son los Depósitos Aluviales. Los mismos presentan una morfología elongada y están constituidos por materiales detríticos (limo, arcilla, arena, grava o material suelto) transportados por corrientes fluviales de régimen efímero, conformando rellenos de cauces y planicies de inundación. Se localizan en los fondos de cañadones y donde los cursos de agua descienden desde los niveles terrazados y pasan a fluir por un terreno más llano.

En la zona también se destacan Depósitos coluviales. Son acumulaciones de fragmentos de rocas producto de la meteorización, y desintegración in situ de las rocas ubicadas en las laderas superiores y movilizadas por acción de la gravedad. Se caracterizan por estar constituidas por fragmentos angulosos a subangulosos de diverso tamaño distribuidos en forma caótica, sin selección ni estratificación aparente, con regular a pobre consolidación.

1.3 HIDROGEOLOGÍA

En el área de estudio, se desarrollan los términos medio y superior de la Formación Patagonia, cubierta por gravas arenosas correspondientes a los denominados "Rodados Patagónicos", en escalones mesetiformes. Estos depósitos albergan aguas dulces de buena calidad, en especial los niveles arenosos superiores de la formación Patagonia que se desarrolla con espesores de hasta 400 metros en las cabeceras de los cañadones, disminuyendo sus espesores hacia la zona oriental del área. Presenta en los bordes de la pampa, paquetes de areniscas finas e intercalaciones arcillosas que en algunos casos muestran una amplia extensión areal.

La base de la F. Patagonia se caracteriza por un tramo basal del orden de los 50 metros de características arcillosas que no presenta interés desde el punto hidrogeológico al que se superponen potentes bancos de areniscas finas de entre 200 y 400 metros de potencia. No resulta posible precisar el espesor del acuífero en los sondeos propiamente dichos por no contarse con perfiles eléctricos ni control geológico de los pozos perforados, aunque puede estimarse como los valores máximos considerados en los estudios regionales.

La Pampa del Castillo actúa como una zona de recarga a partir de la cual se produce la divergencia del flujo del agua subterránea hacia el Valle del río Chico al Oeste y hacia el Océano Atlántico al Este a través de los cañadones principales que disectan la meseta. La presencia de manantiales principalmente en los cañadones ubicados hacia el este, verifica que la descarga principal se produce en esa dirección consecuentemente con el gradiente de la meseta. De acuerdo a *Castrillo et al., 1984* los parámetros hidráulicos promedio estimados para el acuífero en la zona de estudio son: Transmisividades comprendidas entre los 10 y 20 m²/d y una Permeabilidad media de 0.10 m/d para el sector considerado. A partir de estos valores se puede concluir que se trata de valores bajos de transmisividad.

Las formaciones geológicas citadas anteriormente conforman un conjunto de potente espesor de materiales con condiciones para la recarga conducción y descarga de las aguas subterráneas. Poseen comunicación hidráulica a nivel regional por lo que se consideran como una unidad de flujo. De acuerdo a este modelo hidrogeológico conceptual de la región, existe un flujo local cuya circulación se restringe a los materiales de relleno y depósitos de rodados en fondo de cañadones y niveles de terrazas y pedimentos y un flujo regional profundo circulante en las Formaciones Patagonia y Santa Cruz con dirección predominante ONO/ ESE.

Desde el punto de vista de las características como acuífero se identifican dos miembros uno predominantemente arenoso permeable y uno inferior arcilloso no productivo.

La intercalación de niveles limo - arcillosos determinan variaciones en cuanto a la permeabilidad vertical y distintas condiciones de confinamiento.

El conjunto de Formación Patagonia, Santa Cruz y Rodados Patagónicos se apoya sobre las sedimentitas de la Formación Sarmiento de características semiconfinadas. (Fig. 5 y 6).

	<i>Edad</i>	<i>Unidades Litoestratigráficas</i>	<i>Litología</i>	<i>Comportamiento Hidrodinámico</i>	
Cuaternario	Holoceno	Depositos modernos	Gravas arenosas con matriz limoarcillosa	Acuífero freático	Acuífero Multiunitario Superior
	Holoceno inferior	Rodados patagónicos	Gravas y arenas	Acuífero freático	
Terciario	Plioceno	FM Santa Cruz	Arenas fluviales	Acuífero Regional	
	Mioceno			Acuífero Regional	
	Oligoceno superior / Mioceno	FM Patagonia	Areniscas y niveles tobaceos con intercalaciones arcillosas	Acuífero Regional	
	Oligoceno Eoceno	FM Sarmiento	Tobas y arcilitas tobaceas	Acuitardo	

Figura 5. Cuadra Hidraestratigráfica del Acuífero Multiunitario Superior (Castrillo et al., 1984)

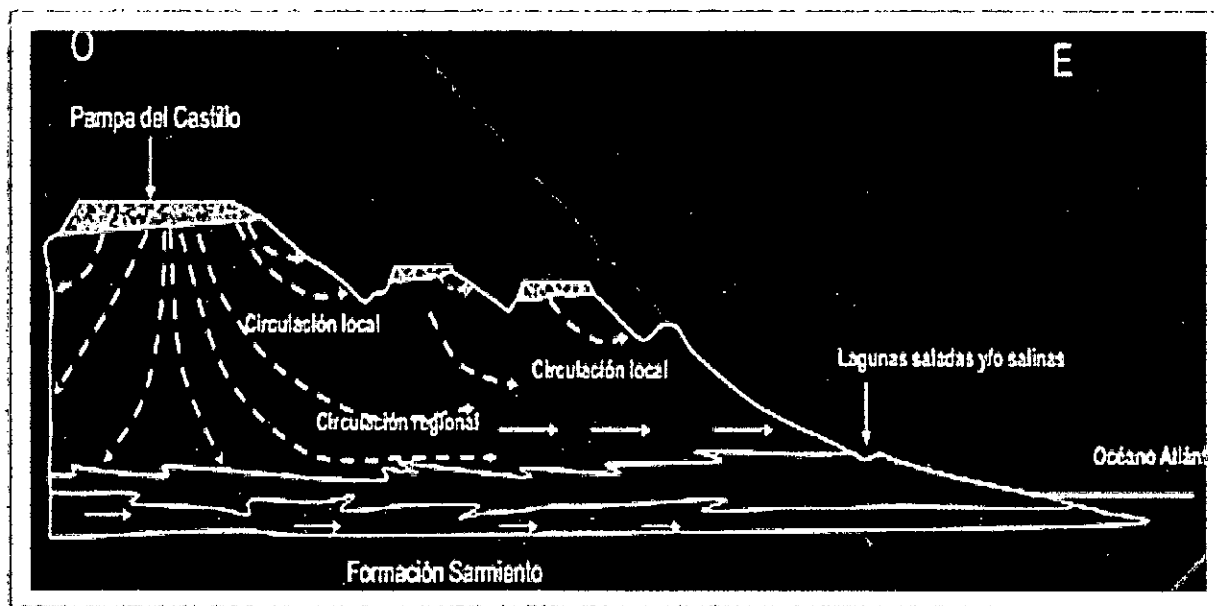


Figura 6. Carte esquemática del Acuífero Multiunitario Superior. (Castillo et al., 1984)

RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En la tabla 2 se detallan las características de los pozos perforados en el yacimiento El Trébol actualizado al 25/06/1974.

Tabla 2. Pozos perforados en el yacimiento El Trébol. Prof., profundidad (Fuente YPF 25/06/1974).

N° Pozo	Prof. del Nivel Estático (m)	Prof. Nivel Dinámico (m)	Caudal (m ³ /d)	Prof. de la bomba (m)	Prof. del pozo (m)
1	37,70	79,70	216	90	260,48
2	56	71	72	80	240,20
3	56,70	82,70	312	115	260
4	58	73	144	85	252
5	48	57	240	65	280,67
6	38	65	432	70	250
7	70	83	168	85	250
8	53	84	168	90	220
9	58,70	77,70	312	85	295,39
10	47,70	68,70	312	80	298,49
11	53,70	71,70	288	80	296,29
12	53,70	83,70	168	85	223,34
13	48,70	60,70	288	65	270,10
14	53	76	192	80	230,06
15	54	78	216	85	260,48
16	38,70	71,70	216	80	312
17	60	79	120	85	165
18	40	78	432	80	190
19	36	61	312	75	187
20	40	81	96	95	200
21	85,72	105,70	144	115	345
22	45,70	52,70	336	65	313
23	62,70	75,70	216	80	331

Parámetros Hidrogeológicos:

En base a la caracterización de *G. Ichazo 1982* podemos agrupar dos zonas de acuerdo a los valores de Transmisividad:

Sector Occidental: T= 40 a 24 m²/d y K = 28 a 18 m/d. Involucra los sondeos 10, 15, 22 y 23.

Sector Oriental: T= 4,9 0 a 0,5 m²/d y K = 9, 8 a 1,2 m/d. Involucra los sondeos 2, 4, 7, 8 ,12 ,14 ,7 y 20. El pozo 19 se encuentra en esta zona aunque presenta mayores valores.

Durante los trabajos realizados por la DGEP, Chubut (Ichazo, 1984) se registraron las variaciones de niveles obteniéndose variaciones positivas y negativas en el período 1959 – 1982. *“La mayor depresión registrada presenta variaciones regionales que oscilan entre los 50 y 70 metros. También se registró un incremento positivo de 50 metros en el área SO y 20 metros en el sector centro norte del área estudiada. Estas variaciones obedecen a bombeo intensivo por parte del usuario de los pozos por parte (YPF) y a la recarga por precipitaciones con respecto al año 1959”.* (Naftasa S.R.L Dirección General de Estudios y Proyectos MESOP Chubut. Evaluación Hidrogeológica Sectores Tordillo– El Trébol– Buena Esperanza. 1985-1986.)

Tabla 3. Niveles Piezométricas: periodo oct-nov 1986 (Fuente Naftasa S.R.L)

N° Pozo	Profundidad del Nivel	Cota Topográfica	Cota del Nivel
1	-----	500	-----
2	50,48	460	409,52
3	-----	495	-----
4	49,73	450	400,27
5	-----	530	-----
6	62,40	510	447,60
7	-----	415,38	-----
8	-----	425	-----
9	61,94	552	490,06
10	-----	555	-----
11	64,94	552	487,06
12	36,63	440	403,37
13	49,98	499,24	449,26
14	42,65	472,04	429,39
15	17,23	514,22	496,99
16	-----	520,04	-----
17	0	371,01	371,01(surgente)
18	10,73	396,20	385,47
19	8,78	400,18	391,40
20	9,87	420,12	410,25
21	-----	619,03	-----
22	38,77	574,83	536,06
23	56,74	600,77	544,03

Tabla 4. Variación de niveles noviembre 81/86. Fuente Naftasa S.R.L

Pozo	11/1986	11/1981	Variación
2	409,52	414,02	-4,5
4	400,27	405,77	-5,5
6	447,60	446,60	+1
9	490,06	490,56	-0,5
11	487,06	488,90	-1,84
12	403,37	405,57	-2,2
13	449,26	451,56	-2,3
14	429,36	431,89	-2,53
15	496,99	494,49	2,5
17	371,01	371,01	0
18	385,47	390,47	-5
19	391,40	395,27	-3,87
20	410,25	412,25	-2
22	536,06	537,06	-1
23	544,03	544,77	-0,74

En la tabla 3 se observan los niveles piezométricos medidos durante el periodo octubre-noviembre del año 1986. Mientras que en la tabla 4 se detallan las variaciones de niveles del mes de noviembre de los años 1981 y 1986.

CENSO DE POZOS AÑO 2015

En noviembre el corriente año se realizó un censo de pozos pudiéndose medir los niveles en algunos de los sondeos (Tabla 5). Todos se encuentran fuera de servicio y durante el año 2014 fueron intervenidos para acondicionarlos como futuros productores como una alternativa para paliar el déficit en el recurso que padece la ciudad de Comodoro Rivadavia, situación que se torna crítica los meses de verano. En dicha intervención se les colocó una tapa sellada que no permite introducir la sonda freaticométrica en los siguientes pozos: Ex OS 1, Ex OS 3, Ex OS 5, Ex OS 6, Ex OS 9, Ex OS 11, Ex OS 15. No se pudo medir el pozo Ex OS 23 por estar cerrada con llave la tranquera de acceso. Se prevé hacerlo en un futuro próximo.

Tabla 5. Niveles Piezométricos: periodo nov-dic 2015

N° Pozo	Profundidad del Nivel	Cota Topográfica	Cota del Nivel
1	-----	500	-----
3	-----	495	-----
5	-----	530	-----
6	-----	510	-----
8	47,48	425	377,52
9	-----	552	-----
10	57,30	555	497,70
11	-----	552	-----
15	-----	514,22	-----
16	41,91	520,04,	478,13
19	4,61	400,18	395,57
21	> 100	619,03	-----
22	45,3	578,83	533,53
23	-----	600,77	-----
24	99,40	-----	-----

Como se puede observar en la tabla 5 hay pozos que no se pudieron muestrear por estar abandonados y no contarse con información de la ubicación de las bocas de pozo. Tal es el caso del Ex OSN 2, Ex OSN 4, Ex OSN 7, Ex OSN 12, Ex OSN 13, Ex OSN 14., Ex OSN 17, Ex OSN 18 y Ex OSN 20.

En función de los datos disponibles se realizó un cuadro comparativo de variación de los niveles piezométricos históricos por períodos de medición desde el año 1974 al 2015 (Tabla 6).

Tabla 6. Variación de los niveles históricos de los pozo desde 1974 al 2015.

N° Pozo	1974	2015	Variación (m)		Variación (m)		2015	Variación (m)	
			1974/2015	1981	1986	1981/1986		2015/1986	
8	372	377,52	+5,52	-----	-----	-----	-----	-----	-----
10	507,3	497,70	-9,6	-----	-----	-----	-----	-----	-----
16	481,34	345,29	+136	-----	-----	-----	-----	-----	-----
19	391,40	395,57	+4,17	391,40	395,27	-3,87	395,57	-0,3	-----
21	533,31	> 519	> - 14,31	-----	-----	-----	?	-----	-----
22	529,13	540.63	+11,5	537,06	536,06	-1	540.63	+4,57	-----
23	538,04	-----	-----	544,03	-----	-----	-----	-----	-----

En el pozo Ex OSN 23 solo se puede observar las variaciones de nivel en el período 1981/74, siendo de +5,99 metros.

En la tabla 7 se detallan los pozos perforados por ex YPF actualmente operados por la Empresa YPF S. A.

Tabla 7. Catálogo de Pozos de Agua de YPF Comodoro Rivadavia. Zona: El Trébol.

POZO	COTA m.s.n.m	Prof. Final	Capas abiertas	Fecha de Term.	NIVELES		Caudal m ³ /d	Fm Explot.
					E	D		
E 1	438	130		1/43	4	80	80	Patagonia
E 2		252	60-230	2/53		215	215	"
E 3	441	250	5-250	1/43	27	220	220	"
E 4	450	250	5-250	4/42	29	210	210	"
E 5	431	250	17-189	2/53		432	432	"
E 6	431	209	68-205	2/76	17	91	91	"
E 7	486	235	89-234	8/76	31	88,8	88,8	"
E 8	450	204	62-200	6/76	31	79	79	"
E 9	447	213	80-210	4/76	29	84	84	"

En noviembre de 2014 la Empresa Oil m&s realizó un ensayo de bombeo en el pozo E6 El nivel estático medido fue de 29,65 metros. (OIL m&s Informe y Estudios Hidráulicos POZO A6. El Trébol 2014).

Si se compara con el valor correspondiente al año en que fue terminado se observa un descenso de 12,65 metros. Este valor no resulta representativo pues el pozo E5 se encuentra en producción y dada la distancia de 135 metros entre ambos pozos es muy probable que se produzca interferencia (Fig. 7 y 8).



Figura 7. Pozo E6. Al fanda se observa el pozo E5



Figura 8. Imagen tomado de Google Earth donde se observan el pozo E6 y las pozas de YPF E3 y E5 actualmente en producción que se utilizan como abastecimiento de agua potable.

ENSAYO DE BOMBEO

Durante el mes de marzo de 2014 la Cátedra de Hidrogeología realizó un ensayo de bombeo en el sondeo EX OSN 19 ubicado sobre la ruta 26 en las inmediaciones del camping Chenque Rugby Club (Fig.9 y 10).

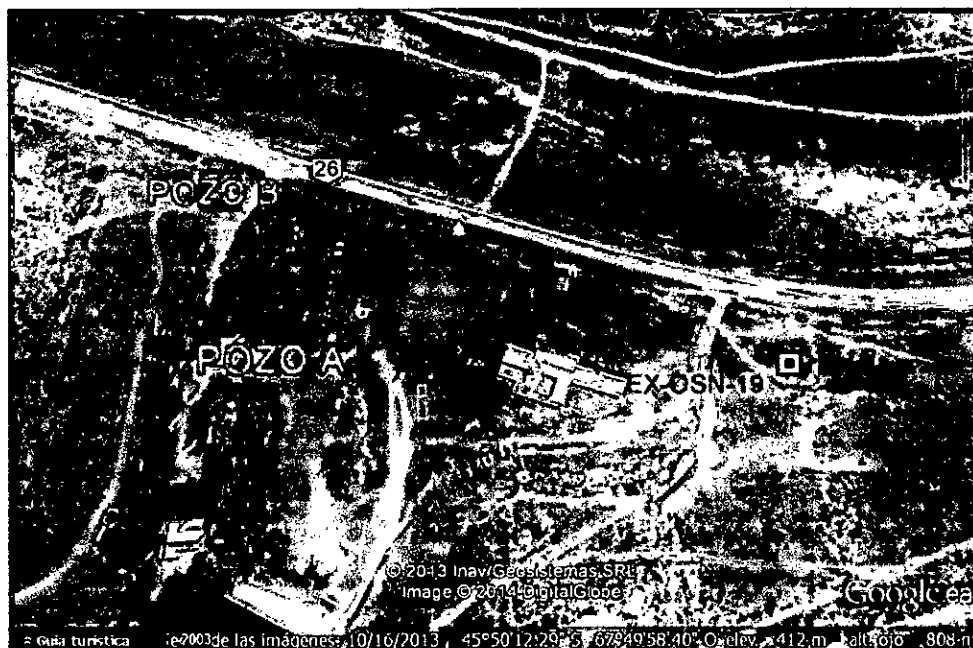


Figura 9. Imagen tomada de Google Earth donde se observan el poza EX-OSN 19 y los pazos A y B.

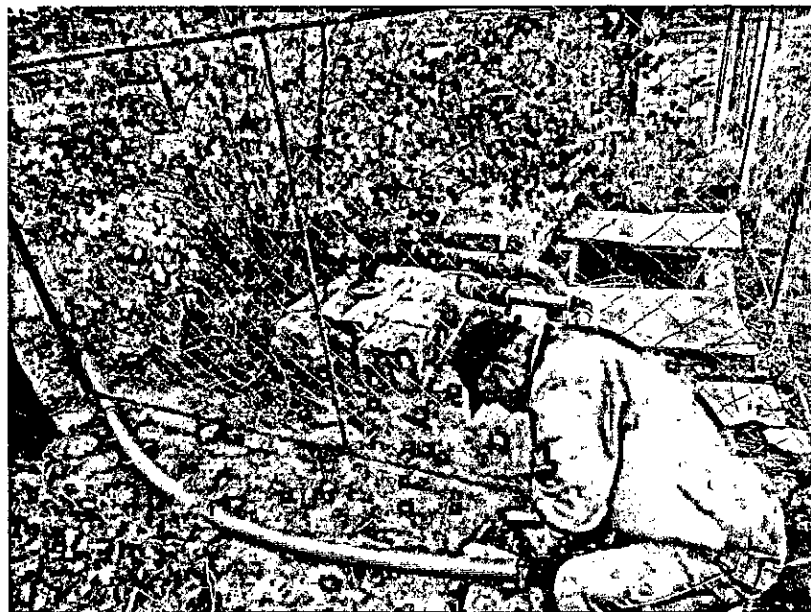


Figura 10. Pozo EX-OSN-19.

Ensayo Pozo EX-OSN 19 Noviembre de 2014 (Tabla 8)

Caudal: 114 m³/d

Profundidad del nivel estático: 5,5 metros.

Tabla 8. Datos medidos durante el bombeo del pozo EX OSN 19.

Minutos desde el inicio del bombeo (t)	Profundidad (mbbp)	Depresión (m)
0	5,5	0
15"	6,9	1,4
30"	6,67	1,17
1	7,7	2,2
2	9,7	4,2
3	11,76	6,26
5	15,51	10,01
8	21,58	16,08
10	24,31	18,81
15	32,28	26,78
20	39,68	34,18
27,3	50,8	45,3

Se debió suspender el bombeo por encontrarse el nivel sobre bomba.

En los pozos A y B ubicados dentro del predio del camping, se midieron la profundidad del nivel estático los cuales no se vieron afectados por el pozo de bombeo por los rápidos descensos verificados en mismo. La idea era llegar al equilibrio y utilizarlos como piezómetros cuestión que no fue posible por las razones expuestas. En el pozo A el valor fue de 8,16 m por la mañana, mientras que por la tarde fue de 8,13 m. el mismo se encuentra a 69,65 m de distancia del pozo de bombeo.

El pozo B es utilizado para extracción de agua. Se realizaron las mediciones de nivel estático cuya profundidad fue de 6,3 metros y luego se lo sometió a bombeo a un régimen de 1,1 m³/h, encontrándose el nivel dinámico a una profundidad de 10,78 metros a 1 hora y 52 minutos, y a 10,88 metros a las 2 horas y 10 minutos de bombeo.

Tabla 9. Mediciones de recuperación pozo EX-OSN 19.

Minutos desde el inicio del bombeo (t)	Nivel del agua (mbbp)	Depresión residual (m)	t' (min)	t/t'
27,5	49,12	43,62	0,2	137,5
27,8	48,71	43,21	0,5	55,6
28,3	47,96	42,46	1	28,3
29,3	46,55	41,05	2	14,65
30,3	45,42	39,92	3	10,1
32,3	43,6	38,1	5	6,46
34,3	42,59	37,09	7	4,9
37,3	41,71	36,21	10	3,73
42,3	40,28	34,78	15	2,82
47,3	38,9	33,4	20	2,365
57,3	36,25	30,75	30	1,91
72,3	32,55	27,05	45	1,607
87,3	29,13	23,63	60	1,455
102,3	25,98	20,48	75	1,364
117,3	23,11	17,61	90	1,303
147,3	19,02	13,52	120	1,228
177,3	14	8,5	150	1,182
207,3	10,92	5,42	180	1,152
267,3	7,18	1,68	240	1,114
327,3	5,78	0,28	300	1,091
387,3	5,5	0	360	1,076



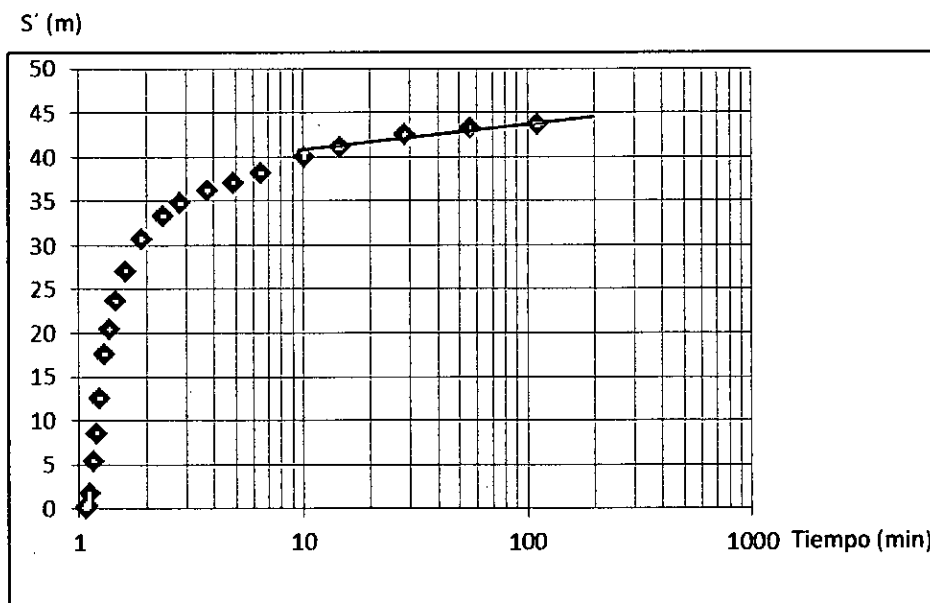


Figura 11. Gráfico de recuperación residual en función del tiempo.

Método de Recuperación de Theis.

Para un ciclo logarítmico $\Delta s' = \frac{2,3 Q}{4\pi T}$; $T = \frac{0,183 \times Q}{\Delta s'}$

$$T = \frac{0,183 \times 114}{3,7}$$

$$T = 5,6 \text{ m}^2/\text{d}$$

Teniendo en cuenta los descensos observados en el pozo Ex OSN 19, en función del tiempo, se puede considerar al caudal de trabajo histórico como *poco adecuado*, ya que en menos de 30 minutos el nivel estático descendió 40 metros debiéndose suspender el bombeo.

Con respecto a la Transmisividad, el valor calculado por el método de recuperación de Theis es menor comparado con un ensayo realizado por Sanmartino S.A. en el año 1982 y reinterpretado por Simeoni Alejandro en 1983 (Tabla 10). (*Naftasa S.R.L Dirección General de Estudios y Proyectos MESOP Chubut. Evaluación Hidrogeológica Sectores Tordillo- El Trébol- Buena Esperanza. 1985-1986. (Tabla 10.)*). Esto puede deberse a una baja eficiencia producto de la falta de mantenimiento.

Tabla 10. Calculo de transmisividad realizado por Sanmartino 1982 y reinterpretado por Simeoni 1983.

Pozo E 19	T(m ³ /d/m)	S
Theis	30,5	5,8 * 10 ⁻⁴
Recuperación de Theis	16,5	

Se extrajo una muestra colectada en el pozo EX OSN 19 que arrojó un valor de conductividad de 820 μS a temperatura ambiente (20°C), valor en el orden de magnitud correspondiente a los tramos de la sección media de la Formación Patagonia.

CONCLUSIONES

- La mayor explotación del recurso hídrico se produce a partir de la década del cincuenta disminuyendo hacia los años ochenta cuando se reemplaza el agua subterránea por la del acueducto Lago Muster- Comodoro Rivadavia.
- En un lapso de 31 años no se han producido variaciones significativas de los niveles piezométricos en el Cañadón El Trébol. Desde hace aproximadamente dos años la casi totalidad de los pozos se encuentran inactivos lo que se traduce en un ascenso de los niveles en la mayoría de los pozos.
- Los Pozos Ex OSN 10 y Ex OSN 21 experimentan un descenso de 9,6 y mayor de 14,31 metros respectivamente. Ambos se encuentran en la cabecera de cañadones secundarios cercanos al nivel terrazado de la Pampa del Castillo (zona de recarga con cotas topográficas superiores a los 500 m.s.n.m). La profundidad a que se encuentra el nivel freático y la recarga sujeta a las escasas precipitaciones de la zona pueden ser las causas de los descensos que se observan en estos sondeos respecto al año 1974.
- Teniendo en cuenta los descensos observados en el pozo Ex OSN 19, en función del tiempo, se puede considerar al caudal de trabajo histórico como *poco adecuado*, ya que en menos de 30 minutos el nivel estático descendió 40 metros debiéndose suspender el bombeo. No se pudo volver a repetir el ensayo a un caudal de trabajo adecuado pues se necesitaba ponerlo en marcha en forma urgente, no autorizándose el tiempo adicional necesario para mantener el pozo fuera de servicio.

BIBLIOGRAFÍA

Castrillo E, Amoroso A, Grizinik M. 1984 "Contribución al conocimiento geohidrológico de los alrededores de Comodoro Rivadavia". Noveno Congreso Geológico Argentino San Carlos de Bariloche. Acta VI: 393-406.

Césari, O.; C. Beros y A. Simeoni. 1986. "Geomorfología del Sur de Chubut y Norte de Santa Cruz." Revista "Universidad Abierta". UNPSJB

Césari, O. y A. Simeoni. 1994, "Planicies Fluvioglaciales Terrazadas y Bajos Eólicos en Patagonia" Congreso Latinoamericano de Geología, Stuttgart, Alemania.

Feruglio, E. 1949. "Descripción geológica de la Patagonia". Volumen 2-3. Editor Impr. y Casa Editora Coni. 431 pp

Gonzales Diaz, E.F. 2004. "La extensa zona de deslizamientos de la escarpa oriental de la Pampa Salamanca, Chubut, entre los 45° 00'S y 45°45' S". Revista de la Asociación Geológica Argentina 59(4): 743-762

Hoja Geológica 4569-IV Escalante. Escala 1: 250000, 2008. Servicio Geológico Minero (Segemar).

Ichazo G. 1984. "Características Hidrogeológicas y Parámetros Hidráulicos del Acuífero del Patagoniano - Pampa del Castillo. Comodoro Rivadavia".

Legajos e Informes de pozos ex Yacimientos Petrolíferos Fiscales.

Naftasa S.R.L. Dirección General de Estudios y Proyectos Mesop Chubut. 1985-1986 Evaluación Hidrogeológica Sectores Tordillo – El Trébol – Buena Esperanza.

Oil m&s. 2014. Informe Estudios Hidráulicos pozo a6. El Trébol.

Simeoni A. 1983 Análisis y Reinterpretación de 45 ensayos de bombeo. El Trébol. Hidrogeólogo de la Dirección de Obras de Recursos Hídricos e Ingeniería, MESOP, Chubut.

