



INFORME TÉCNICO

INTERPRETACION DEL SISTEMA SUBTERRANEO

BARRIO GREGORIO MAYO

Y

LAGUNA EL SALITRAL

RAWSON

Abril de 2014

Autor: Érico H. Bianchi, Lic. en Geología, Especialista en Hidrogeología, Director de Estudios Hidrogeológicos, IPA



CONTENIDO

INTRODUCCION	3
OBJETIVOS.....	3
<i>Principal</i>	3
<i>Secundarios</i>	3
LOCALIZACION	3
GEMORFOLOGIA	4
GEOLOGIA	5
HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA	6
METODOLOGIA	6
<i>Gabinete</i>	6
<i>Campo</i>	6
JUSTIFICACION DE LOS RESULTADOS.....	6
EQUIPAMIENTO UTILIZADO	7
INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS	8
<i>Imágenes Satelitales</i>	8
<i>Relevamientos Geoeléctricos</i>	9
<i>Ensayos de Infiltración</i>	11
<i>Calicatas</i>	13
MODELO CONCEPTUAL	16
CONCLUSIONES	17
SUGERENCIAS	19
FUENTES CONSULTADAS	19
AGRADECIMIENTOS	20

INDICE DE ILUSTRACIONES Y FIGURAS

Ilustración 1, Área de estudio, vista regional, imagen extraída de Google Earth.....	4
Ilustración 2, Perfil topográfico esquemático, imagen extraída de Google Earth	5
Ilustración 3, Localización de los SEV, imagen extraída de Google Earth.....	11
Ilustración 4, Localización de los Ensayos de Infiltración, imagen extraída de Google Earth.	12
Ilustración 5, Localización de las Calicatas, imagen extraída de Google Earth.....	14
Ilustración 6, Muestras correspondientes a la Calicata 8.....	15
Figura 1, Comparación anegamientos, años 2003-20012	8
Figura 2, Superficie de anegamiento bajo El Salitral y Sistema Fluvial.	9
Figura 3, Disposición electródica.	10



INTRODUCCION

En respuesta al requerimiento elevado por el Administrador General del IPA, Ing. Pablo Rimoldi, de efectuar un análisis correspondiente a la situación hidrogeológica que atañe al Barrio Gregorio Mayo, sector Norte del mismo, bajo El Salitral y alrededores, se presentarán a continuación los trabajos realizados en campo y gabinete.

El contenido del presente contempla, las interpretaciones y conclusiones a las cuales se han arribado producto de los métodos de estudio que fueron aplicados. Los mismos engloban: relevamientos geoelectricos, ensayos de infiltración, descripción de suelo, determinación de nivel freático y medición físico-química in situ.

El informe se presenta mediante un cuerpo principal, el cual refleja los trabajos realizados, descripciones metodológicas, concluyendo en un modelo conceptual, basando la hipótesis en los trabajos de campo esencialmente. Anexos, conteniendo los datos de campo, planillas de relevamientos, fotografías, entre otros datos técnicos.

El estudio abarco los meses de Enero y Febrero del corriente año, los cuales se ejecutaron con personal y medios propios del IPA.

OBJETIVOS

Principal

El objetivo fundamental es evaluar, de forma directa, (a través de diversos métodos de campo), y de forma comparativa, (superponiendo distintas imágenes satélites de años sucesivos), el comportamiento de las aguas subterráneas y su vinculación con el cuerpo lagunar de El Salitral, considerando como escenario principal al sector Norte del B° Gregorio Mayo y áreas de influencia.

Secundarios

- ✓ Valoración del sistema superficial y subterráneo, su vinculación.
- ✓ Interpretación del subsuelo.
- ✓ Reconocer posición del nivel freático y cuña salina.
- ✓ Determinación de flujo subterráneo.
- ✓ Realizar diversos ensayos de campo.

LOCALIZACION

El Barrio Gregorio Mayo se encuentra emplazado a las afueras de Rawson, ciudad capital de la provincia del Chubut. Circulando por la Av. 9 de Julio, en sentido Trelew, desde el edificio de la Legislatura, se localiza el área de estudio a 2 km de distancia aproximadamente.

Se determinó una superficie de trabajo, de 12 km², como área de estudio directa, en la cual, se realizaron Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), ensayos de infiltración, calicatas y relevamiento de campo. Un total de 36 km², comprenden los estudios de gabinete e

interpretación de imágenes satelitales. El recuadro en amarillo corresponde al área total de estudio. El recuadro azul, la superficie directa de estudio de campo, el círculo rojo la distribución del barrio. Observar ilustración 1.

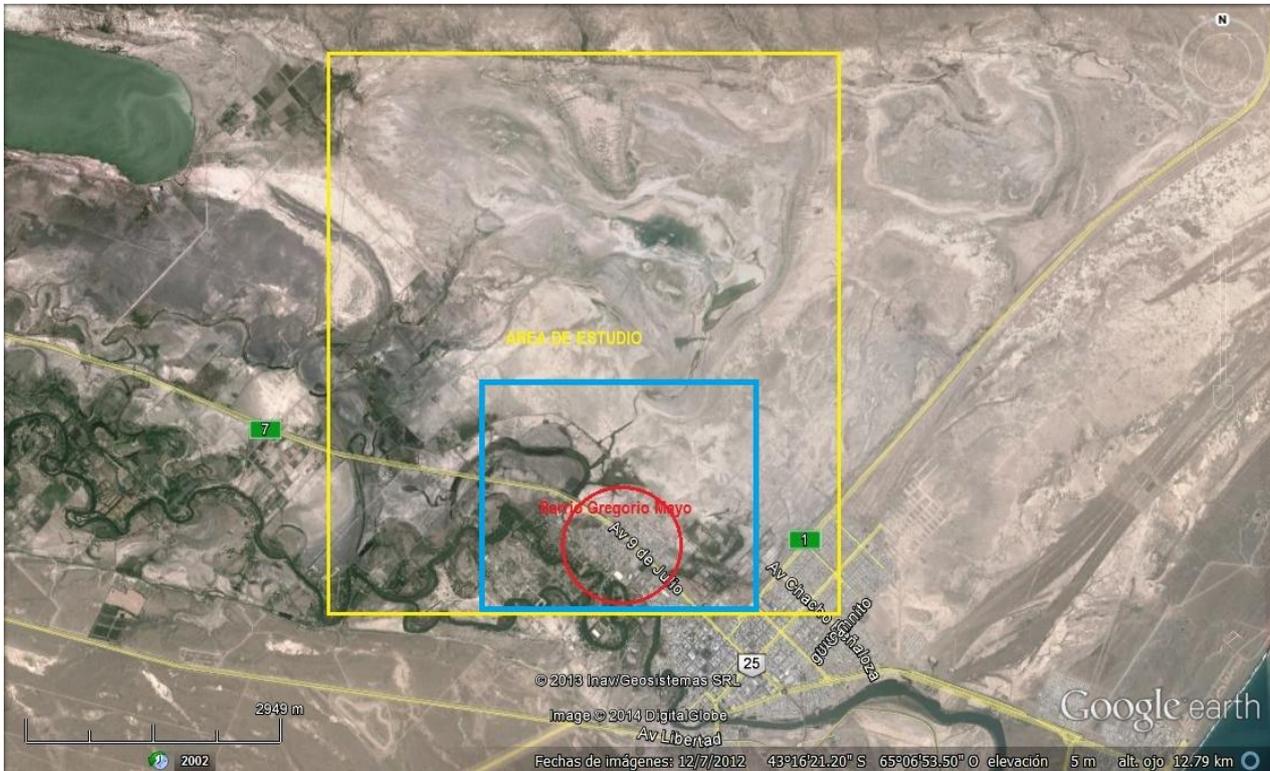


Ilustración 1, Área de estudio, vista regional, imagen extraída de Google Earth.

GEMORFOLOGIA

La zona de estudio se emplaza en el Valle del Río Chubut, cercano a la desembocadura del mismo. Las máximas alturas reconocidas, corresponden con las mesetas que limitan el valle, 16 msnm¹ al Sur y 24 msnm al Norte, aproximadamente. El sector de trabajo, presenta escasa altura, las cotas no superan los 6 msnm. El nivel 0, se localizan en determinados sectores del bajo, El Salitral, especialmente en el sector SE del mismo.

En general, el terreno es plano, no se observan altos o bajos destacables, pequeñas ondulaciones asociadas a cordones litorales, montículos aislados vinculados con depositación eólica. El ambiente es netamente fluvial. Se reconocieron canales de escasa profundidad, 1.5 m máximo, producto de la esorrentía superficial labrada sobre un medio de material fino y friable.

La red de drenaje, se ajusta al sistema fluvial del Río Chubut. Un cauce principal de carácter permanente con sistema de meandro, al Sur y SO del área de estudio. Un cauce secundario (poco desarrollo) el cual presenta escasa circulación superficial. Medias lunas y cauces abandonados producto de la divagación del río por su planicie de inundación.

¹ msnm: metros sobre el nivel del mar

Hacia el E-SE, del área de estudio se observan cordones litorales paralelos a la costa. En general no hay geoformas representativas más allá del ámbito fluvial, y puntualmente depositación eólica, aluvial y erosión eólica.

A través de la herramienta perfil, de Google Earth, se trazó un perfil topográfico esquemático del valle del Río Chubut. En él, se observan las variaciones de niveles entre las bardas N-S, el sistema fluvial, los sectores lagunares y el umbral sur del bajo El Salitral.

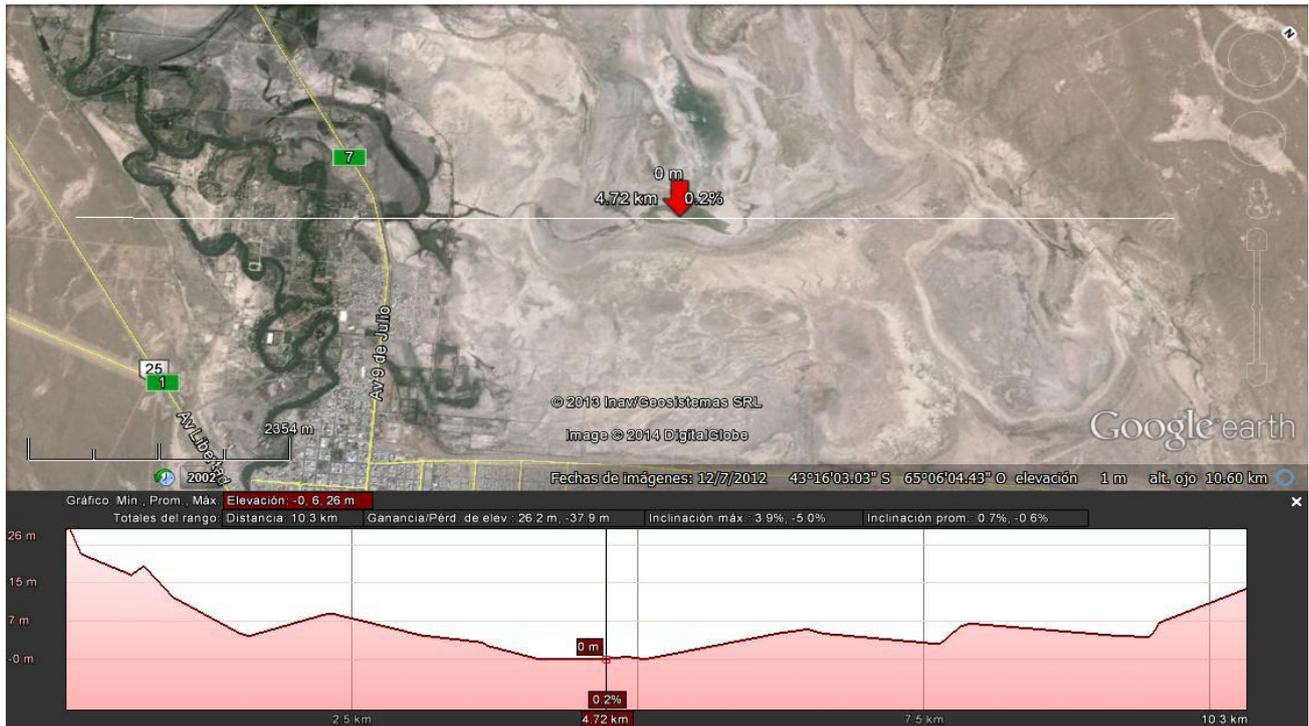


Ilustración 2, Perfil topográfico esquemático, imagen extraída de Google Earth

GEOLOGIA

La geología presente en el lugar es simple y uniforme, se remite a depósitos cuaternarios, principalmente Holoceno. No se reconocieron afloramientos rocosos en las cercanías. Depósitos de terrazas fluviales del río Chubut; gravas y arenas. Depósitos de cordones litorales marinos; gravas arenosas sueltas con conchillas. Depósitos que cubren niveles de pedimentos; gravas, arenas gravosas. Depósitos eólicos; arenas finas y limos. Depósitos finos de bajos y lagunas; limos, arcillas y evaporitas subordinadas. Depósitos coluviales: gravas, arenas y limos sueltos. Depósitos aluviales y de planicie de inundación del río Chubut; alternancia de arenas y gravas con suelos areno-arcillosos. Depósitos aluviales y coluviales indiferenciados; gravas, arenas y limos. Información extractada de la Hoja Geológica del SEGEMAR, 4366 IV, Rawson, escala 1:250.000.



HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA

La red de drenaje, se asocia directamente con el ámbito fluvial, dentro de la planicie de inundación del río Chubut. Fuera del sistema mencionado, se reconoció una red somera de geometría dendrítica en cabecera y rectilínea, paralela entre sí, direccionada desde las bardas levemente elevadas, hacia la planicie de inundación y las depresiones. Dentro de la planicie de inundación, se aloja el río Chubut demostrando un sistema meandriforme, relictos de medias lunas y canales derivadores abandonados, un sistema exiguo de canales que direccionan sus aguas hacia las zonas deprimidas del terreno situadas en general sobre la margen norte de la planicie de inundación. Respecto a las aguas subterráneas, los relevamientos de campo reflejaron un nivel freático cercano a la superficie, el cual interactúa de forma directa con la cuña salina. A priori, se establece un flujo subterráneo en direcciones dispares, no demuestran un patrón definido, vinculado directamente con el sistema fluvial, actuando este, como aporte de las aguas subterráneas. Contemplando una escala mayor de trabajo, las aguas subterráneas se encuentran dentro de un ámbito de descarga. EL flujo salino, demuestra dirección preponderante E-O, en sentido O, hacia el continente. La distribución dentro del continente, trasgrede la zona de estudio, circulando por los sedimentos arenosos.

METODOLOGIA

Gabinete

- ✓ Planificación de actividades.
- ✓ Reconocimiento a través de imagen satelital: geoformas, geología, red de drenaje, resaltos de vegetación, zonas de humedad, delimitación del área de estudio.
- ✓ Confección de grilla, relevamiento hidrogeológico y mapeo geológico.
- ✓ Elaboración de un GIS base, georeferenciación en Posgar 98, Faja 3.
- ✓ Procesamiento de la información relevada en campo.
- ✓ Construcción de mapas.
- ✓ Redacción de informe.

Campo

- ✓ Reconocimiento geomorfológico, geológico, edafológico y vegetación.
- ✓ Relevamiento de manifestaciones de agua superficial y subterránea.
- ✓ Georeferenciación de puntos de interés, toma de fotografías.
- ✓ Determinación de parámetros físico-químicos in situ.

JUSTIFICACION DE LOS RESULTADOS

Calicatas: se realizaron con los siguientes objetivos: reconocer y describir el perfil de suelo, obtención muestras (análisis granulométrico), determinar, en el caso que existiese el nivel



freático, ajuste de los perfiles geoelectricos, correcta interpretación de los ensayos de infiltración y refuerzo del modelo conceptual.

Calicatas Profundas: se efectuaron con dos propósitos: determinar posición del nivel freático y/o cuña salina, medición de parámetros físico-químicos in situ.

Sondeos Eléctricos Verticales (SEV): determinar las capas existentes en subsuelo y su continuidad en profundidad, detección de niveles acuíferos, aporte al modelo conceptual.

Ensayos de Infiltración: determinar la capacidad de infiltración básica de los suelos situados dentro del ámbito de trabajo, nociones de permeabilidad.

Relevamiento de campo: obtención de datos de campo, manifestaciones de agua superficial y subterránea, determinación de parámetros físico-químicos in situ, georeferenciación de puntos de interés, relevamiento de perforaciones y/o pozos manuales, entre otros.

EQUIPAMIENTO UTILIZADO

- GPS Garmin e-trex.
- Sonda Hanna de bolsillo multiparamétrica (medición de: pH, T [°C], Conductividad [ms/cm], STD [ppt]).
- Cinta freatimétrica (Solinst de 100 m).
- Envase de muestreo (1litro).
- Brújula geológica.
- Resistivímetro; Marca GEORES VM300, el mismo se encuentra diseñado para la medición de resistividades de terrenos, pudiendo adaptarse a cualquier dispositivo tetraelectrónico y al levantamiento de calicatas eléctricas. Posee un emisor de Corriente Continua CC, variable entre 12 y 700 V (electrodos AB), medidor del campo eléctrico (electrodo MN). El instrumental entrega lecturas en mili-volt (mV) y mili-amper (mA), con una precisión de 0,1 mV y 0,1 mA en una resolución de 1/2.000. El sistema de alimentación corresponde con una batería de Gel 12V – 12A/h, alojada en compartimiento interno. A su vez la alimentación del instrumento contiene una batería de 9V DC y Compensador SP 3V DC (+/- 1,5V). El mismo se halla alojado en una valija estanca de alta resistencia.
- Infiltrómetro de Doble Anillo (Muntz).
- Pala.
- Retro-excavadora.
- Pick up 4x4.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Imágenes Satelitales

Las imágenes fueron procesadas en modo pancromático, mediante herramienta de análisis de imágenes del programa ArcMap 10.1

La observación de las imágenes históricas proporcionadas por el Google Earth, inician su registro el 22-09-2002, obteniéndose una secuencia discontinua hasta el último registro el 07-12-2012. El análisis de las imágenes, permite establecer diversas posiciones del cuerpo de agua alojado en el bajo El Salitral. Desde el año 2002 hasta el año 2009, una porción del bajo El Salitral se encontraba anegada de forma permanente, ocupando una superficie que variaba a lo largo de los años mencionados. A partir del mes de Enero del año 2010, la imagen demuestra que no existe prácticamente anegamiento, situación que se plasma en la figura 1. Ver Anexo IV.

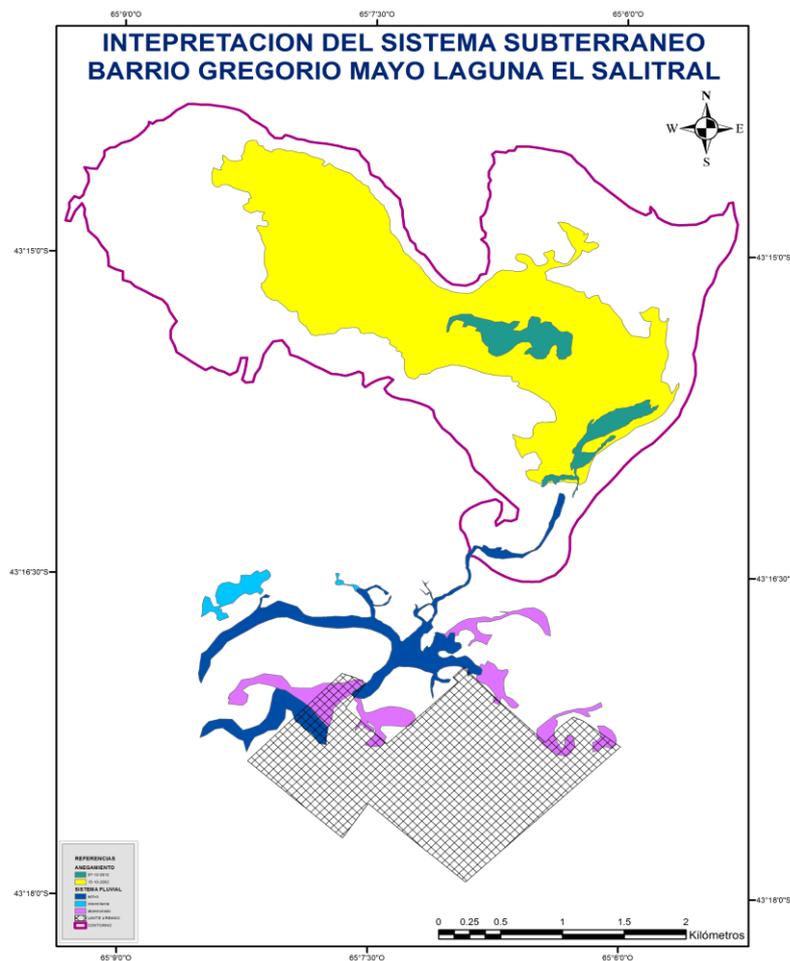


Figura 1, Comparación anegamientos, años 2003-20012

En Noviembre de 2011, nuevamente se observa un anegamiento parcial en la porción este. Si continuamos las imágenes hacia el mes de Diciembre, del mismo año, el área anegada se reduce, desapareciendo en el mes de Enero del año 2012. Reiteradamente la fracción este del bajo El Salitral se observa anegado, en el mes de Diciembre del año 2012.

Si nos centramos en el sistema fluvial activo y pasivo, este, demuestra cambios sustanciales, modificando en determinadas circunstancias, la superficie anegada en los brazos secundarios, terciarios y semi-lunas. Los cambios de coloración en las imágenes, muestran las variaciones de superficie que afecta a la vegetación y zonas que destacan gran contenido de humedad, denotando una coloración más oscura (engrosando el área) cuando el aporte de agua es mayor, y un color más claro (reducción del área) cuando el aporte es menor.

Las variaciones de anegamiento, expansión y/o contracción del área vegetada y contenido de humedad, observadas a lo largo de los 10 años de análisis, permite establecer a priori, que existe una relación directa entre precipitación y evaporación, vinculación parcial del sistema fluvial y totalmente del subterráneo.

En la siguiente figura 2, se observa la mayor superficie ocupada durante el año 2002, concerniente a la expansión de las zonas vegetadas y húmedas, coloración azul marino.

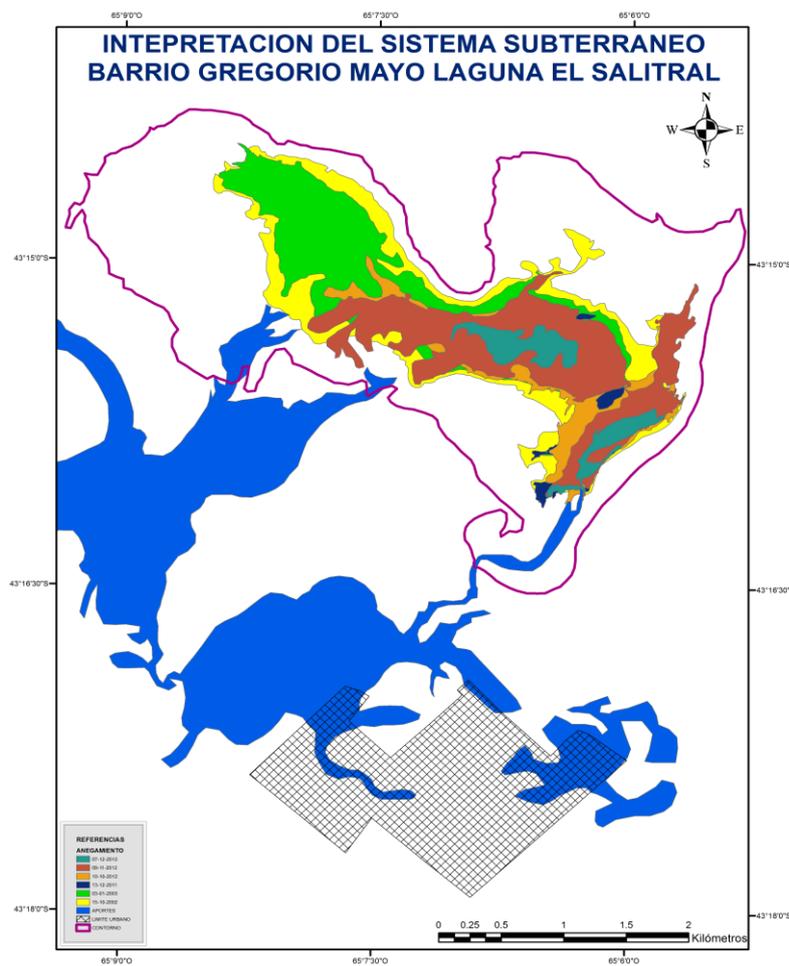


Figura 2, Superficie de anegamiento bajo El Salitral y Sistema Fluvial.

Relevamientos Geoeléctricos

Se realizó geoeléctrica con el objeto de reconocer las características de los sedimentos presentes en el suelo, localización del nivel freático y/o cuña salina, definición de las

localizaciones en las cuales efectuar los ensayos de infiltración, calicatas destinadas a describir los perfiles de suelo, toma de muestras y determinación del nivel de agua.

La adquisición de datos de subsuelo, se realiza midiendo a través de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). Se aplica el dispositivo simétrico tetraelectródico de Schlumberger en corriente continua.

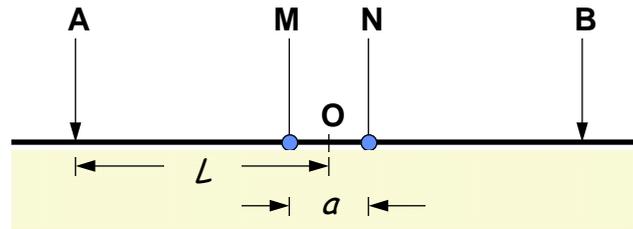


Figura 3, Disposición eléctrica.

El método geoelectrico consiste en emitir al terreno una corriente continua a través de un par de electrodos (A y B) dispuestos en forma simétrica respecto del punto de atribución central, midiendo la diferencia de potencial mediante el par de recepción (M y N) situados de forma equidistante.

El subsuelo actúa como impedancia de tal forma que al variar la separación interelectródica, ello implica por un parte, abarcar un mayor volumen de terreno entre los electrodos, lo que modifica la impedancia (resistividad aparente) dando una mayor profundidad de penetración de la corriente en el subsuelo.

La información recaba en campo, se procesa mediante el software de aplicación libre IPI2WIN, proporcionado por *Moscow State University, Geological Faculty, Department of Geophysics. V.A. Shevnin, I.N.Modin, 119899, Moscow, Russia.*

La interpretación de los SEV, demostró la presencia de suelos con alto contenido de arcillas en los primeros metros, pasando gradualmente en profundidad a un medio de mayor contenido arenoso, a su vez se evidenció una cuña salina cercana a la superficie. La siguiente ilustración, manifiesta la disposición de los sondeos.



Ilustración 3, Localización de los SEV, imagen extraída de Google Earth.

SEV 1, muestra un suelo franco arcilloso aireado, localizándose la cuña salina a 2 metros de profundidad aproximadamente. El error de interpretación fue de 6,62%, aceptable. Ver Anexo I.

SEV 2, presenta un suelo de características arcillosas, prácticamente arenas finas subordinadas, existencia de la cuña salina a 1,80 metros de profundidad aproximadamente. Error de interpretación 4,16%, correcto.

SEV 3, refleja similares condiciones de suelo que los SEV anteriores, un mayor incremento de arcillas en los tramos inferiores. Aquí también se reconoció la cuña salina a escasos 2 metros de profundidad. Error de interpretación 5,98%, aceptable.

Ensayos de Infiltración

Los resultados se ajustan, con aquellos obtenidos en los relevamientos geoelectricos. Suelos en general arcillosos, limo-arcillosos, limo-arenosos. Solamente en un solo caso, el E-I-6 (ensayo de infiltración 6) dio como resultado un suelo arenoso-limoso, probablemente aquí, se manifiesten los depósitos arenosos pertenecientes a los canales derivadores y/o meandros abandonados del sistema fluvial.

El criterio aplicado en la distribución de los ensayos de infiltración, alude en obtener una noción de la variación de los depósitos pertenecientes a zonas levemente deprimidas (material fino, acumulación eólica) y el sistema fluvial. Objetivos: determinar los valores de Infiltración Básica, reconocer y diferenciar los sistemas mencionados. En la ilustración 4, se observa la distribución de los ensayos. Ver Anexo II.



Ilustración 4, Localización de los Ensayos de Infiltración, imagen extraída de Google Earth.

Se utilizó el “Infiltrómetro de Doble Anillo” (Müntz), contenido los cilindros concéntricos de dimensiones: anillo exterior metálico de 50 cm diámetro y anillo interior metálico de 25 cm diámetro. Para el cálculo de IB, se empleó la fórmula de Kostiakov, utilizando la planilla de cálculo proporcionada por Carlos Schilardi (aplicada en las evaluaciones de Riego en Mendoza)

El procedimiento consistió en elegir el punto del ensayo manteniendo como premisa realizar los trabajos en suelos de condición natural, comprobando que no haya alteraciones antrópicas del terreno, presencia de raíces, grietas de desecación abundantes, pedregullo, entre otros factores que alteren la prueba. Posteriormente se procedió a hincar el cilindro exterior hasta una profundidad de 10 cm, teniendo el cuidado de no perturbar la estructura del suelo, paso seguido, se clavó el cilindro interior centrado, hasta la misma profundidad que el anterior. A continuación se rellenó en cilindro exterior hasta alcanzar su nivel, prontamente, se rellena el cilindro interior ídem situación. Se comprueba que no hayas fugas de agua y se comienza con el ensayo. Todos los ensayos culminaron al momento de alcanzar estabilidad en la Tasa de Infiltración.

E-I-4 (Ensayo de Infiltración 4), el cálculo de IB (Infiltración Básica) arrojó un valor de 3.28 mm/h, estableciendo una velocidad de infiltración para un medio arcilloso, velocidad de infiltración <8 mm/h. Tabla de valores utilizada por la Universidad Politécnica de Valencia. Si consideramos la tabla de valores aplicada por el SCS de los Estados Unidos, observamos que para un IB = 3.28 mm/h, correspondería a un suelo del grupo D-C, suelos con bajo contenido de materia orgánica, texturas en general franco arcillosas y alto contenido de arcillas. El promedio de la Ti (Tasa de Infiltración) para la primera hora es de 53.03 mm/h.

E-I-5 (Ensayo de Infiltración 5), el valor de IB corresponde a 0.37 mm/h, similar al caso anterior se observa la presencia de un medio arcilloso, probablemente con un mayor



contenido de arcillas expansivas, velocidad de infiltración <8 mm/h. Tabla de valores utilizada por la Universidad Politécnica de Valencia. La tabla de valores aplicada por el SCS de los Estados Unidos, considera que para un $IB = 0.37$ mm/h, correspondería a un suelo del grupo D, arcillas plásticas y ciertos suelos salinos. El promedio de la T_i (Tasa de Infiltración) para la primera hora es de 10.33 mm/h.

E-I-6 (Ensayo de Infiltración 6), en esta ocasión varía la condición de suelo, estableciendo un valor de IB en 16.93 mm/h, determinando una velocidad de infiltración par un medio arenoso, velocidad de infiltración 15-20 mm/h. Tabla de valores utilizada por la Universidad Politécnica de Valencia. Considerando la tabla utilizada por el SCS de los Estados Unidos, para un $IB = 16.93$ mm/h caracterizaría un suelo del grupo B-A, suelos de texturas franco arenosas, arenosas, arenas profundas, loess superficiales. El promedio de la T_i (Tasa de Infiltración) para la primera hora es de 85.1 mm/h.

E-I-8 (Ensayo de Infiltración 8), nuevamente se observa la presencia dominante de materiales finos, el valor de IB corresponde a 10.87, constituyendo una velocidad de infiltración entre un medio limo-arcilloso y limo-arenoso, velocidad de infiltración 8-10 mm/h limo-arcilloso y 10-15 mm/h limo-arenoso. Tabla de valores utilizada por la Universidad Politécnica de Valencia. Si consideramos la tabla de valores empleada por el SCS de los Estados Unidos, observamos que para un $IB = 10.87$ mm/h, correspondería a un suelo del grupo B, suelos de texturas franca arenosa, limos agregados. El promedio de la T_i (Tasa de Infiltración) para la primera hora es de 18.41 mm/h.

Calicatas

Las calicatas, asumieron tres roles principales: descripción de suelos a partir del cual corroborar las situaciones presente en los relevamientos geoelectricos y los ensayos de infiltración, adquisición de muestras para su posterior análisis granulométrico en laboratorio y determinación del nivel freático, cuña salina y medición de parámetros físico-químicos in situ. La ilustración 5, indica la localización de las mismas.

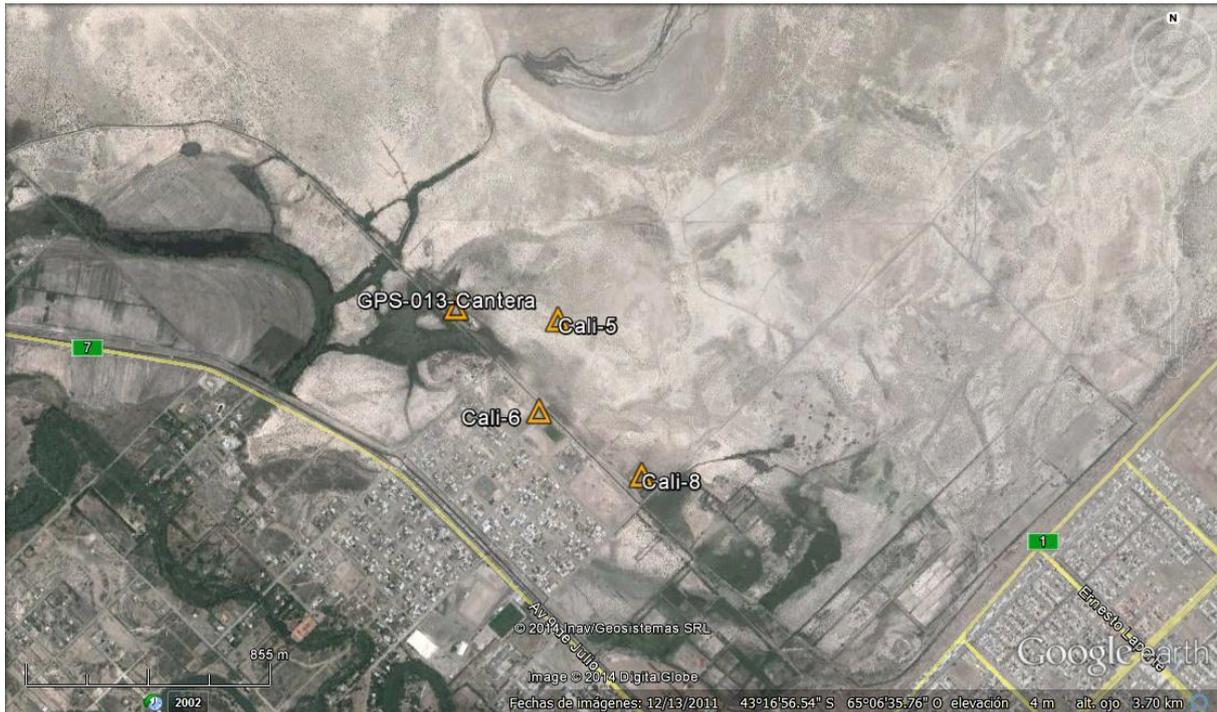


Ilustración 5, Localización de las Calicatas, imagen extraída de Google Earth.

En primera instancia se realizaron calicatas superficiales de forma manual: 1,20 metros largo, 1 metro ancho y 1 metro profundidad. Se realizaron las descripciones de suelo mediante las planillas confeccionadas para tal fin, ver Anexo V. Las calicatas profundas fueron ejecutadas mediante retro-excavadora, (perteneciente al IPA), presentando las siguientes dimensiones 3 metros largo, 2 metros ancho y 3,5 metros profundidad.

En los cuatro puntos de observación se reconoce, en general, un horizonte A de escaso contenido en materia orgánica y desarrollo, compuesto por texturas franca arcillosa o arcillo-limosa, de estructura migajosa. Un horizonte B principalmente arcilloso, de estructuras prismáticas y columnar, horizontes C de texturas francas o arenosas, demostrando estructuras masivas en general y de condición friable.

Todos los puntos de observación mantienen un patrón similar en los horizontes C, se evidencia la presencia de una capa arenosa conteniendo bivalvos, enteros y bien conservados. Prácticamente de forma uniforme, este nivel aparece entre los 1,40 – 1,80 msnm. Evidentemente este medio sedimentario, corresponde a un ambiente marino somero, el cual interactúa de forma dinámica con las arenas supra-yacentes pertenecientes al ámbito fluvial. A medida que nos acercamos a la superficie, una acumulación de material fino producto de la depositación eólica y la llanura de inundación del Río Chubut, conforman el perfil de suelo.

Los ensayos granulométricos, incumben a tres muestreos efectuados en las calicatas:

C-6: M1; 15-25 cmbns², M2; 50-60 cmbns, M3; 80-90 cmbns, M4; 180-200 cmbns

C-8: M1; 20-35 cmbns, M2; 60-80 cmbns, M3; 200-220 cmbns

PGPS-013 (cantera): M1; 55-75 cmbns, M2; 155-165 cmbns

Se obtuvieron muestras de 500 gramos en cada uno de los niveles, utilizando en laboratorio 50 gramos como peso total en el tamizado.

² cmbns: centímetros bajo nivel de suelo



Ilustración 6, Muestras correspondientes a la Calicata 8

El procedimiento aplicado a las muestras, consistió en secar mediante estufa a 50°C, durante un periodo de 72 hs continuas una cantidad de 100 gramos de muestra. Posteriormente molido mediante rodillo suave para su pesado, cantidad de 50 gramos y tamizado mediante los tamices ASTM 70, 170 270 y Pasante (arenas finas, arenas muy finas, limos, limos-arcillas, respectivamente), se considera un error de análisis del 10%, ver Anexo III. Los análisis fueron efectuados en la cede Rawson del laboratorio IL&A.

Las curvas granulométricas de las muestras pertenecientes a las calicatas C-6 y C-8, esbozan una disminución del contenido de arena fina, limo y las arcillas, a medida que profundizamos en el perfil de suelo. El contenido de arena muy fina se incrementa en profundidad, evidenciando la existencia del ambiente marino somero (nivel de conchilla), playa de escasa profundidad.

La curva granulométrica del punto PGPS-013, presenta uniformidad en todo el perfil, de los contenidos en arena, limo y arcilla. Solamente la granulometría de arenas finas disminuye en profundidad, efecto que manifiesta la presencia del ambiente fluvial, posibles canales secundarios, semi-lunas o ambiente deposicional marginal.

La medición físico-química determinada in situ, fija la presencia de un nivel freático cercano a la superficie. Estos parámetros pudieron diferenciar: zona de mezcla, aguas subterráneas e intrusión salina. Las conductividades eléctricas (CE) oscilan entre 3 ms/cm – 18 ms/cm, en los puntos Cali 6, Cali 8 y PGPS-013. En el punto Cali 5, se obtuvieron CE de 59.22 ms/cm, reflejo de la intrusión marina. En el punto GPS 005, correspondiente al relevamiento de campo, perforación localizada en la rotonda de salida del Barrio Gregorio Mayo, hacia Trelew por RPN 7, se determinaron CE de similares valores a los registrados en Cali 5. Los valores



de CE 0.3 ms/cm, medidos en el punto GPS 001, canal derivador de entrada al bajo El Salitral, demostraron ser aguas dulces provenientes directamente del río.

MODELO CONCEPTUAL

El ambiente se encuentra caracterizado, en superficie y profundidades someras, por sedimentos continentales asociados a procesos fluviales, aluviales y eólicos. Estos suprayacen de forma concordante a sedimentos marinos costeros. Las características granulométricas de los sedimentos determinan un medio de porosidad primaria, vinculado principalmente con la fracción de granulometría arenosa.

El área de estudio representa un relieve prácticamente plano, depresión en cota 0 (msnm), dentro del bajo El Salitral. Las geoformas positivas corresponden a los cordones litorales, terrazas fluviales que limitan el valle al este y oeste, umbral de erosión eólica al sur del bajo El Salitral, acumulaciones arenosas puntuales (asociadas a la vegetación), relictos de erosión producto de una cuenca de deflación. Las geoformas negativas atañen a las depresiones (bajos salinos), red de drenaje (zanjones y canales profundos) y sistema fluvial actual.

Los estudios de campo permitieron reconocer la intrusión salina, la cual se localiza a escasa profundidad, aproximadamente a 2,5 mbns³, determinación a través de valores de CE medidos en campo, calicatas y perforación. La misma, posee distribución uniforme dentro del área de trabajo, a modo de manto, adentrándose en el ancho de la planicie de inundación del río. Esta capa salina, se ajusta a las lentes de agua dulce producto de los canales derivadores y el mismo nivel freático. A su vez existe una leve variación de nivel, posiblemente establecida por las diferencias de mareas. El ingreso de la cuña salina al continente, se produce desde el cuadrante E-ENE, a través de los sedimentos arenosos, nivel que contienen bivalvos y los sedimentos superiores del perfil de suelo. Situación establecida por las mediciones efectuadas en las calicatas profundas y la perforación situada en la Rotonda de ingreso al B° Gregorio Mayo, desde la RPN 7.

Existe un sistema fluvial de características meandrosas, situación divagante del Río Chubut sobre su planicie de inundación. El sistema actual, refleja un cauce principal definido y un sistema secundario semi-activo, que recibe aporte superficial y subterráneo. La condición del sistema fluvial respecto al nivel freático es influente (el río aporta agua al medio subterráneo), por lo tanto el sistema fluvial secundario actúa como medio de recarga directa de las aguas subterráneas. La distribución del sistema fluvial la podemos observar en la imágenes 2, 3 y sucesivas del Anexo IV. Allí, es posible observar patrones de medias lunas abandonadas y canales secundarios, actuando generalmente bajo condiciones de derivadores del cauce principal hacia el bajo de El Salitral y las depresiones existentes. Este sistema secundario trabaja de forma pasiva respecto al cauce principal, aportando agua al medio subterráneo en aquellos casos en los que contemple un superávit de aguas superficiales.

El escenario presente, establece que la circulación superficial, por más lenta que sea, permite que las aguas en su recorrido no incorporen sales alojadas en los suelos arcillosos,

³ mbns: metros bajo nivel de suelo



debido al efecto de disolución y arrastre. A medida que las aguas superficiales infiltran o son aportadas por la influencia del río al medio subterráneo, incorporan a su paso sales. Se generan procesos de intercambio iónico, adsorción, entre otros. Esto permite que la calidad química del nivel freático sea deficiente, clasificando a las aguas subterráneas dentro del rango salobre. A su vez se produce el efecto de mezcla de aguas (subterráneas y salina: agua de mar), espesor saturado que no ha sido determinado.

El nivel freático (NF), representa las zonas de descarga subterránea del sistema fluvial, activo y pasivo, sumado a la recarga directa por efecto de las precipitaciones. La profundidad del NF oscila entre 1.07 – 2.1 mbns. Los parámetros medidos in situ, clasifican al agua como salobre: moderada y alta, según los valores medidos de CE y STD⁴. El NF, se apoya sobre la cuña salina, en los ámbitos que atañen al sistema fluvial y áreas cercanas de influencia. El resultado del SEV 1, el más alejado de la influencia fluvial, reflejó niveles arcillosos saturados en aguas salinas. Fuera de este medio permeable, toda agua que atraviese la zona no saturada pasa directamente a incorporarse a la cuña salina. Se reconocieron en superficie costras salinas, principalmente cloruros, producto de precipitación por evaporación, vinculadas a ascenso capilar a través de los materiales arcillosos y arcillo-limoso. En general estos niveles se encuentran parcialmente saturados, reconocidos durante la descripción de las calicatas. En los perfiles de suelo, dentro de los horizontes B, se determinaron niveles y manchones de sales carbonatadas.

El bajo de El Salitral, como todas las zonas deprimidas de los alrededores, recibe el aporte de agua a través del medio superficial correspondiente al sistema fluvial, red de drenaje y precipitaciones. En sí, las depresiones actúan como sistemas Buffer, absorbiendo los excesos hídricos acumulándolos y posteriormente evacuando su volumen mediante la evaporación. Se establece la presente hipótesis, debido al hecho que los resultados arrojados por los ensayos de infiltración y el material presente en las zonas deprimidas, corresponden con sedimentos de granulometría arcillosa, por ende, la infiltración hacia niveles profundos del suelo se reduce considerablemente. Las aguas subterráneas se asocian con el bajo El Salitral, a través de los canales derivadores que ingresan hacia este.

CONCLUSIONES

- Tiempos otrora, los canales derivadores, actuaban como descompresores del sistema fluvial principal, almacenando las aguas en las zonas deprimidas, hasta alcanzar su límite de capacidad, escenario que proporcionaría al cabo de cierto tiempo, saturación del medio subterráneo provocando el ascenso del NF en aquellas zonas vinculadas directamente con el sistema fluvial y áreas deprimidas.
- Las imágenes satélites muestran períodos de acumulación permanente de agua dentro del bajo El Salitral, sin que ello afectará directamente los anegamientos de las zonas aledañas a este. Si, se observa vinculación directa con las diversas cargas hidráulicas que porta el sistema fluvial. Ejemplo de ello es, el año 2010 en el cual no se observa prácticamente acumulación de agua en el bajo El Salitral, mientras el sistema fluvial

⁴ STD: solidos totales disueltos



activo y pasivo muestra incremento de las zonas húmedas, vegetadas y anegamientos aislados en los alrededores del Barrio Gregorio Mayo.

- La superficie inundada natural, se distribuye de forma aleatoria dentro de los ámbitos mencionados, según los años y los volúmenes de agua proporcionados al sistema. Se distingue en su conjunto, unas zonas uniformes de anegamiento. Probablemente, este fenómeno se asocie a los aportes subterráneos, efecto producido por los canales derivadores, desde el Río Chubut hacia el bajo El Salitral y zonas aledañas, sumado a las precipitaciones y el descenso de la tasa de evaporación en las estaciones de Otoño e Invierno.
- El bajo El Salitral, actúa a nivel superficial dentro de su capacidad de almacenamiento, independiente del medio subterráneo asociado al sistema fluvial cercano, excepto en el ámbito de los canales derivadores. Los sedimentos arcillosos y limo-arcillosos que constituyen los primeros metros del perfil de suelo, del bajo El Salitral, aíslan prácticamente el medio superficial con el subterráneo. La vinculación entre ambos sistemas, se efectúa solamente en los canales derivadores, a través de las granulometrías arenosas que estos contienen o por los sedimentos arenosos producto de un nivel subterráneo más profundo.
- El B° Gregorio Mayo, se encuentra emplazado dentro del ámbito fluvial, sistema pasivo con reactivaciones activas según los procesos intervinientes..
- El sector NO, N, NE y E-NE, que circunda al B° Gregorio Mayo, presenta un NF freático oscilante, asociado con los ascensos y descensos provocados por la cuña salina (acciones de plea-mar y baja-mar), los aportes subterráneos según las variaciones en el módulo que porta el sistema fluvial del Río Chubut, el volumen de agua vinculado con las precipitaciones, el tiempo de permanencia de las mismas, el grado de saturación de los horizontes arcillosos, utilización de los pozos ciegos si los hubiese, riego por parte de los campos aguas arriba del barrio y en el mismo barrio, entre otros factores antrópicos.
- Podría provocarse un efecto de retroceso de las aguas subterráneas en los canales derivadores, por efecto de un aumento del volumen de agua acumulado en la depresión de El Salitral, producido por carga hidráulica. En el caso que se sobrepasará los límites reflejados en la imagen satelital del año 2003, o bien, si el volumen acumulado mantuviera el nivel mencionado de forma permanente, el escenario presente, permitiría que el NF, dentro del sistema fluvial pasivo y en aquellas zonas circundantes a este, ascienda hasta alcanzar niveles más cercanos a la superficie. El fenómeno mencionado, produciría anegamientos en zonas no deseadas (áreas deprimidas), depositación de costras salinas y otras situaciones derivadas de un NF en superficie.
- ✓ Otro posible escenario se presentaría, si se mantuviera por periodos prolongados un volumen máximo de agua en el bajo EL Salitral, (máxima capacidad de almacenamiento). Esta carga hidráulica, provocaría la saturación del medio arcilloso, debido al efecto de percolación (paso vertical del agua hacia zonas profundas) el agua poco a poco pasaría al medio arenoso sub-yacente generando el ascenso del NF en las zonas aledañas al bajo, siempre y cuando el horizonte C arenoso, franco arenoso, se



distribuya uniformemente en toda la zona de estudio. Los anegamientos se producirían en el ámbito del sistema fluvial y las zonas levemente deprimidas.

- ✓ Existe un canal de riego que circunvala al Barrio Gregorio Mayo de carácter permanente. En determinados puntos se ha observado que existen pérdidas por infiltración, lo cual estaría provocando aporte al NF, situación que generaría ascenso del mismo. Según conversación mantenida con el Sr. Jovel Montesino viejo poblador del lugar, previo al canal de riego, el NF en el pozo manual (punto GPS 004, del relevamiento) se localizaba a 2,5 mbns aproximadamente. Al momento de la medición del NF durante el relevamiento, el nivel del agua se localizó a 1.07 mbns. Este efecto probablemente contribuya a aumentar el NF en las zonas vinculadas con el sistema fluvial.

SUGERENCIAS

- No sobrepasar el perímetro de las máximas acumulaciones detectadas, en el bajo El Salitral, mediante las imágenes satelitales del año 2003.
- Establecer volúmenes de acumulación, los cuales no superen una lámina de agua mayor a 60 cm, situación que permita un balance acumulación- evaporación.
- Evitar el crecimiento demográfico en las áreas de influencia del sistema fluvial y las zonas actualmente despobladas en los alrededores del Barrio Gregorio Mayo. Esta situación permitirá que no se genere por riego, pozos ciegos y otros aportes subterráneos, el ascenso del nivel freático, conduciendo a depositación de costras salinas en superficie y anegamientos permanentes indeseados.

FUENTES CONSULTADAS

Bouwer, H. 1962. *Field Determination of Hydraulic Conductivity above a Water table with the double-tube method*. Soil Sci. Soc. of Am. Proc., 26 (4 July-Agost), pag. 330-335.

Custodio E. y Llamas M.R. 1976. *Hidrología Subterránea. Tomo I*. Capítulo 6.6 pag. 342-350. Primera Edición. Editorial Omega, Barcelona.

Delleur, J. 1999. *The Handbook of Groundwater Engineering*. CRC Press.

- Curso Internacional de Hidrología General con énfasis en hidrología subterránea. Almacenamiento y movimiento del agua en el suelo. Candiotti, L.A.; Mir, G.R. y Morin, J.J. 1980. FIyCH-UNL. Inédito.
- Hoja Geológica 4366-IV Rawson, SEGEMAR. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Escala 1:250.000. Edición, año 2009.
- Plan de Manejo y Gestión Integral del Sistema de Tratamiento de Efluentes de la Ciudad de Trelew, Informe Final, pag. 189-191. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Año 2005



AGRADECIMIENTOS

- A EEA Chubt, INTA Trelew, por la predisposición y el préstamo del Infiltrómetro y la serie de Tamices.
- Al Laboratorio IL&A, sede Rawson, por el uso del laboratorio, secado y pesado de muestras para posterior análisis granulométrico.
- Al Administrador Gral. del IPA, por confiar en sus profesionales y técnicos.
- Al personal del IPA, por su predisposición en las tareas de campo.