

SALINIZACION EN EL EJIDO URBANO DE LA CIUDAD DE COMODORO RIVADAVIA, CHUBUT. ARGENTINA. EVALUACION Y PROPUESTA DE SANEAMIENTO.

Mario Grizinik¹ & Néstor Hirtz¹

Resumen - La ciudad de Comodoro Rivadavia, ubicada en la región patagónica central posee amplios sectores afectados por procesos de salinización, relacionados a suelos salinos mayormente arcillosos y a la circulación de aguas subterráneas de elevada salinidad, provocando serios perjuicios a las construcciones edilicias del lugar.

En el presente trabajo se caracterizan las condiciones imperantes, con énfasis en los aspectos hidrogeológicos de la zona, mediante el diagnóstico de la situación y la propuesta de obras de drenaje para el saneamiento del terreno, destacando el funcionamiento de las primeras etapas de los drenes construídos.

Las aguas subterráneas circulantes, con salinidades comprendidas entre 3.200 y 118.000 mg/l, conforman la zona de descarga del sistema acuífero, teniendo una urbanización sobreimpuesta que en el término de diez años aceleró el proceso de salinización, llegando a formar verdaderas salmueras asociadas a las obras de infraestructura.

De 4500 metros de drenes previstos, se han ejecutado al presente un total de 2.400 metros en dos sistemas independientes, con un caudal de extracción de 350.000 l/día y depresiones del nivel saturado que en algunos casos alcanza 1,20 metros.

Palabras-clave - hidrogeología ambiental, salinización, saneamiento

INTRODUCCION

La región patagónica central se caracteriza por su aridez y la acción constante de fuertes vientos provenientes del sector Oeste-Sudeste. Estas condiciones generan una alta tasa de evapotranspiración, con la consiguiente formación de salinas y salitralas en

los bajos y depresiones que se encuentran en su extensa geografía. A ello debe sumarse las condiciones hidrogeológicas adversas dadas por la circulación de aguas subterráneas que en muchos casos poseen una salinidad muy elevada, como lo es la zona de descarga sobre la franja costera.

Estos problemas son mucho más críticos en sectores poblados donde la interacción humana, genera condiciones que aceleran los procesos de salinización, por urbanización sobreimpuesta, alteraciones en la red de drenaje natural, infiltración de aguas al subsuelo, etc.

La ciudad de Comodoro Rivadavia, ubicada sobre la costa atlántica en la provincia del Chubut posee sectores que se hallan afectados por esta problemática. El marco ambiental está caracterizado por presentar fuertes condicionamientos para el desarrollo de la urbanización, tales como: morfología irregular, baja aptitud fundacional de rocas y suelos en sectores importantes, procesos de inestabilidad vinculados a taludes, anegamientos en precipitaciones torrenciales y la presencia de niveles de agua subterránea perjudiciales, con salinización asociada a los mismos.

En el presente trabajo se resumen las condiciones imperantes en la zona y las obras de saneamiento realizadas para atenuar los efectos provocados por la salinización del suelo. Su objetivo ha sido caracterizar la problemática hidrogeológica del sector en un contexto geoambiental, destacando las restricciones e impedimentos que poseía para el desarrollo humano, y brindar una solución práctica y efectiva, de rápida aplicación que permitiera la continuidad de la urbanización existente y la viabilidad en un marco de certidumbre, a un desarrollo futuro.

Es posible distinguir dos aspectos con relación a la urbanización desde un punto de vista ambiental. En primer lugar, el fuerte impacto negativo que provocó dicha urbanización sobre el medio sin una planificación adecuada, considerando el aspecto socioeconómico como el más afectado. Incluso hoy con un plan de mitigación en marcha, deberán asumirse los costos para mantener el sistema en funcionamiento a lo largo del tiempo.

En segundo lugar, la acción mancomunada de elaboración del proyecto por parte de la Universidad y la ejecución de la obra por parte del municipio local, para mitigar dicho impacto negativo.

Ello ha permitido (aún antes de finalizar la totalidad de la obra), encontrar un paliativo al problema y ha restituido el valor económico de los inmuebles, y lo que es más

¹ Universidad Nac. De la Patagonia, SJB. C. Rivadavia - Argentina

importante, brindar la posibilidad de confiar en un arraigo estable a futuro, dentro de una interacción armónica entre el medio humano y el físico.

MARCO GENERAL

El área estudiada se ubica en el sector suroeste del ejido urbano de la ciudad de Comodoro Rivadavia, comprendiendo la desembocadura de un cañadón de rumbo general E-O, de aproximadamente 10 km de longitud y 3 km de ancho, de escasa pendiente y conformado por depósitos de relleno moderno y sedimentitas de la Formación Patagonia de carácter marino (*Sciutto et Al, 1999*).

Estas sedimentitas están compuestas principalmente por cineritas, arcilitas diaclasadas, plásticas y expansivas e intercalaciones areniscosas de amplio desarrollo en la región y buena continuidad areal en su conjunto. Estos bancos se hallan depositados en forma básicamente horizontal y presentan una suave inclinación sudoriental (*Hirtz et al 1998*).

En el área de estudio se encuentran en forma subaflorente en los taludes medios a altos, presentando una delgada cubierta de detritos generada a partir de la alteración de las propias arcilitas. Hacia el fondo del valle y donde se encuentra el sector más urbanizado, crece el espesor del encape alcanzando varios metros.

Estos depósitos en su mayor parte están compuestos por sedimentos finos, predominantemente limo arcillosos, con una circulación subsuperficial muy lenta debido a la baja permeabilidad del material. Los niveles piezométricos se presentan a escasa profundidad, desde superficie hasta no más de un metro de profundidad en la zona más baja.

La precipitación de sales en superficie es una evidencia visual de la elevada concentración que presentan las aguas que saturan el subsuelo, tal como se ha constatado en los respectivos análisis de muestras de aguas extraídas de los sondeos.

Se registra en estos sectores la descarga de aguas subterráneas circulantes en el cañadón, conformadas por el aporte de circulación regional a través de la Formación Patagonia, la infiltración directa de las precipitaciones y la recarga que se produce por aguas de riego de sectores ubicados al oeste, donde se encuentra ubicado un cordón forestal parquizado con especies arbóreas introducidas desde hace aproximadamente 17 años cubriendo una extensa área.

La urbanización del sector provocó el endicamiento de la circulación natural, ayudando además a la infiltración local de aguas provenientes del riego de terrenos.

Como consecuencia de ello los niveles freáticos se encuentran a muy poca profundidad (0,30 a 1,40 metros), y con una franja capilar que en muchos casos se desarrolla hasta la superficie.

HIDROGEOLOGIA

Para la caracterización hidrogeológica, se tuvo en consideración la estrecha relación con la geomorfología. En un contexto general el ambiente se encuentra vinculado a la zona de descarga de un acuífero multiunitario de características regionales, con recarga en Pampa del Castillo y sentido de escurrimiento desde el oeste hacia el este-sureste, en dirección a la costa (*Castrillo E, 1984*).

Esta circulación subterránea regional se produce a través de los niveles arenolimosos pertenecientes a la F. Patagonia, caracterizada por un elevado tiempo de tránsito en el medio poroso, debido a la baja trasmisividad. Las aguas circulantes presentan un alto tenor salino y son cloruradas a cloro-sulfatadas sódicas con neta predominancia de sodio por sobre los demás cationes.

A este flujo regional se le adiciona uno de menor relevancia proveniente de las zonas sobreelevadas, que en el ámbito urbano y suburbano que nos ocupa, actúan como áreas de recarga local. En síntesis, la circulación del agua subterránea en la zona de estudio se produce en niveles de material fino correspondientes al relleno moderno del área, configurando un flujo local, de características propias y que es alimentado por la circulación regional que se produce en los términos inferiores de la Formación Patagonia, con mayor tiempo de tránsito en el medio poroso y aguas de elevada salinidad.

Durante las lluvias esporádicas, a las aguas de circulación superficial provenientes de los cañadones del oeste se les suman las de escurrimiento local que fluyen de las zonas altas. Este flujo descarga sobre sectores planos o de salida de cañadones principales donde se registran anegamientos o erosión hídrica localizada.

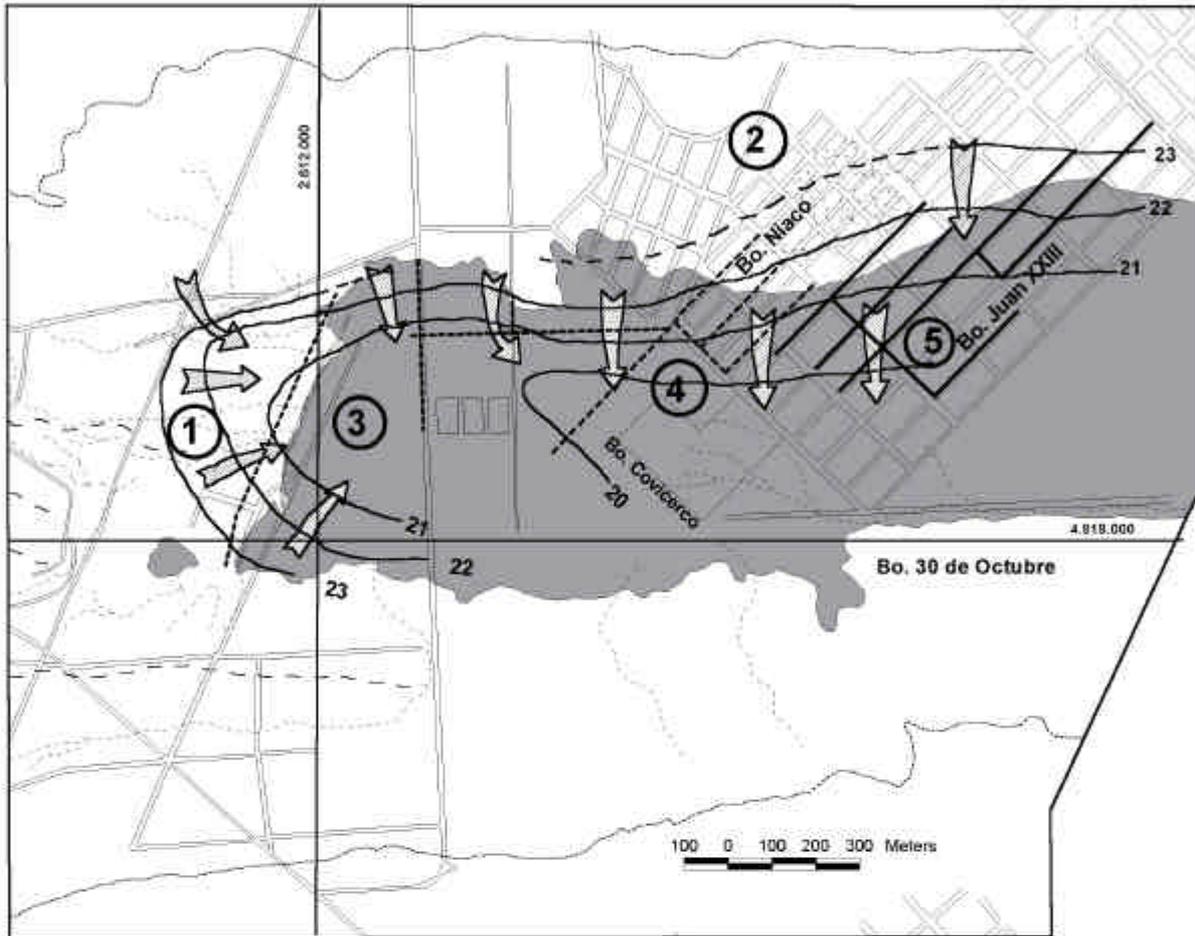
La infiltración parcial de las aguas superficiales naturales y de origen antrópico, provoca la incorporación de éstas al escurrimiento subterráneo hacia los fondos de valles y áreas bajas en general.

A través del censo de pozos y perforaciones que se ejecutaron, se midieron los niveles estáticos del agua subterránea presente en cada caso y se confeccionó la red de flujo que se observa en la figura 1. En el caso de los pozos realizados a través del trabajo con retroexcavadora, debido a la baja permeabilidad de los sedimentos, el agua no abastecía inmediatamente a los mismos, produciéndose un efecto "lloradero" sobre la

pared de la captación que luego de transcurrir algunas horas alcanzaba el nivel estático de equilibrio.

Las curvas equipotenciales muestran un diseño radial convergente hacia el eje del cañadón. Este diseño es aún más marcado sobre el sector distal del valle, por constituir la zona de descarga del sistema, principalmente del agua que circula por los materiales de fina granulometría.

FIGURA 1: MAPA DE RED DE FLUJO Y UBICACION DE DRENES



REPUBLICA ARGENTINA



Referencias

- Divisoria de aguas de la Cuenca
- Divisoria de 2º orden
- Ríos temporarios
- Traza de drenes realizados
- Traza de drenes a realizar
- Urbanización
- Curvas equipotenciales
- Dirección de flujo subterráneo
- Bajo salinizado

En las zonas deprimidas o de drenaje restringido se produce endicamiento condicionamiento del flujo subterráneo favorecido por la presencia de materiales finos, provocando el ascenso del nivel freático e incluso la salinización de sectores localizados. En el caso que desarrollamos en el presente estudio, los barrios Niaco, Juan XXIII , 30 de Octubre y Coviserco se han emplazado sobre el fondo del valle mencionado precedentemente, pese a presentar un fuerte condicionamiento para el drenaje superficial y subsuperficial.

La aplicación de medidas correctivas y de mitigación en las áreas conflictivas debían efectivizarse imperiosamente en un corto plazo dado que el deterioro de las edificaciones (principalmente hormigón y mampostería de viviendas unifamiliares) y su entorno (parques, jardines, plazas, espacios de recreación e incluso las calles) era creciente.

El ascenso gradual de las aguas subterráneas con alta concentración salina, saturando los sedimentos finos depositados en el fondo del valle (sobre el que se desarrolló la urbanización) alcanzaba (al momento de la evaluación mediante freatímetros), una profundidad de entre 0.4 a 1,40 m. respecto a la superficie. Esto permitía un fácil ascenso por capilaridad del agua subterránea donde por las condiciones de aridez típica de la zona, y la fuerte evaporación se producía la conformación de una delgada costra salina.

El aumento de la concentración salina puede observarse en la figura 2. Se aprecia en los sectores numerados el incremento iónico promedio de varios pozos, y una mayor proporción de sulfatos en el sector Norte, debido a la circulación de aguas en niveles de la formación Patagonia.

Se han realizado ensayos hidráulicos de Carga Variable a fin de determinar la permeabilidad del material saturado en la zona. La elección del método estuvo dado por el tamaño granulométrico del medio poroso donde circula el agua subterránea. Estos ensayos se realizaron mediante inyección de agua y medición de los niveles piezométricos en función del tiempo.

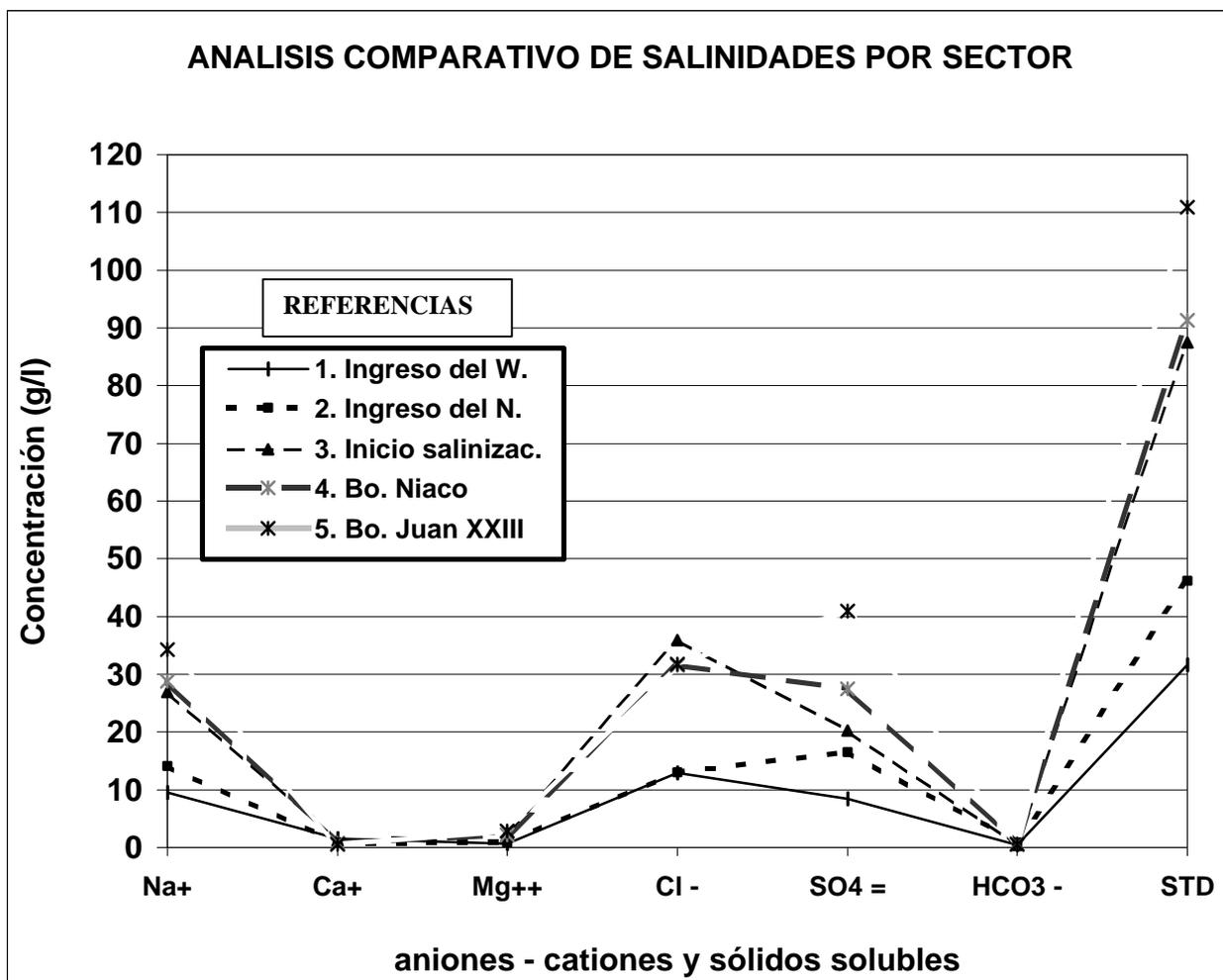


FIG. 2 : SALINIZACION EN EL EJIDO URBANO DE COMODORO RIVADAVIA
Salinidad promedio del agua que ingresa al bajo y del sector salinizado

TABLA DE VALORES DE CONCENTRACION POR ZONA (g/l)

| Sector | Na ⁺ | Ca ⁺ | Mg ⁺⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ⁼ | HCO ₃ ⁻ | STD |
|----------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-------|
| 1. Ingreso del W. | 9.5 | 1.56 | 0.63 | 12.91 | 8.48 | 0.41 | 31.68 |
| 2. Ingreso del N. | 14.1 | 0.74 | 0.88 | 13 | 16.5 | 0.85 | 46.2 |
| 3. Inicio salinizac. | 26.9 | 1.25 | 2.5 | 35.9 | 20.3 | 0.45 | 87.45 |
| 4. Bo. Niaco | 28.76 | 0.79 | 2.17 | 31.5 | 27.5 | 0.67 | 91.3 |
| 5. Bo. Juan XXIII | 34.25 | 0.55 | 2.9 | 31.75 | 40.9 | 0.5 | 110.9 |

El método de Hvorslev fue utilizado para la interpretación de los resultados, mediante el uso del programa Aquitest de Waterloo Hydrogeologic (Canadá), obteniéndose valores de 0,30 m/día. (Grizinik et al, 1997).

Las condiciones en las cuales se desarrolla el proceso (en particular las elevadas concentraciones del tenor salino: entre 3200 mg/l y 118.000 mg/l de TDS) y las restricciones de la urbanización sobreimpuesta, determinaron las medidas de saneamiento que pueden sintetizarse de la siguiente manera:

- Construcción de una red de drenes interconectados a lo largo de las calles y avenidas sobre los sectores más comprometidos
- Construcción de drenes interceptores principales, al ingreso del flujo subterráneo a la zona.
- Mantenimiento de un sistema continuo de evacuación por bombeo del agua colectada por los drenes a partir de tres cámaras colectoras. Cabe acotar que el caudal colectado se envía por líneas pluviales directamente al mar minimizando el impacto generado por el vertido del agua extraída.
- Adecuación de las pendientes topográficas y eliminación de obstáculos para la circulación del agua, evitando encharcamiento.
- Eliminación del área de enlagueamiento principal mediante la construcción de dos ramales de desagüe pluvial y su empalme al existente aguas abajo
- Plan de regulación del uso del agua sobre todo la referida al riego de espacios verdes públicos, domiciliarios y fundamentalmente lotes del cordón forestal con vegetación predominantemente arbórea introducida, que requiere alto grado de riego, el cual en buena medida aún hoy se desarrolla por inundación a través de canalizaciones.

DISPOSITIVO DE DRENAJE

A los fines de evitar el agravamiento que presentaba el sector afectado por la descarga del agua subterránea y los problemas de salinización, se propusieron tres obras de drenaje, dos de ellas se hallan al presente, en funcionamiento, totalizando 2400 metros de extensión.

Dichas obras consistieron en la realización de zanjas ó trincheras drenantes, ejecutadas mediante excavación con retroexcavadora, a profundidades comprendidas entre 2 y 4 metros y anchos de 1,50 metros. Su construcción se vió fuertemente condicionada por las características del material fino saturado, la fluencia plástica del mismo, y los obstáculos que generaba, la presencia de las diversas redes de servicio público de abastecimiento, presentes en las calles donde se realizaba la obra. No obstante ello, se priorizó la realización de la obra sin apartarse del proyecto previsto, a fin

de no restar eficiencia a la misma. El diseño en planta de la red de drenes ejecutados y a realizarse se puede apreciar en la figura 1.

Este sistema de drenes cuenta con caño ranurado de 4", engravado hasta una altura de 0,80 metros desde la base del dren, estando todo el empaque revestido con una membrana geotextil, a fin de preservar el mismo del ingreso de material fino y dar la suficiente perdurabilidad del sistema en el tiempo.

Dada la escasa pendiente que presenta el terreno, fue necesario en cada caso la conexión de la red de drenes, a un pozo colector principal, desde el cual, mediante bombeo se descarga el agua captada a la red pluvial para ser conducido posteriormente hacia el mar.

Luego de 6 meses de funcionamiento, se ha verificado un eficiente funcionamiento general del sistema con descensos de hasta 1,20 metros en algunos de los piezómetros utilizados para el monitoreo, y a un ritmo de extracción de 40.000 l/día, correspondientes a 1.600 metros de drenes construídos en una primera etapa.

La segunda etapa, desarrollada recientemente, no permite obtener resultados en base a seguimientos de descenso de niveles, pero los caudales de extracción durante el primer mes estuvieron en el orden de los 300.000 l/día.

CONCLUSIONES

Las aguas circulantes emplazadas en la zona de estudio poseen un gradiente general muy bajo como consecuencia de hallarse ubicadas en la zona de descarga del sistema, correspondientes a un bajo de fondo plano, con velocidades de flujo sumamente bajas, constituye el nivel de base local para las aguas superficiales y subterráneas que descargan en dicha zona. Las profundidades del agua libre, en general se hallan comprendidas entre 0,40 y 1,40 metros, y una dirección de escurrimiento Noroeste-sudeste.

Los tenores de salinidad presentes, comprenden concentraciones entre 3.200 y 118.000 mg/l de TDS (salmueras), con neto predominio de aguas cloruradas a clorosulfatadas-sódicas. Entre los cationes el ión dominante lo constituye el sodio que llega a los 33.000 mg/l.

La implementación de sistemas de drenaje subterráneo debido a la elevada salinización del lugar, fue necesaria para lograr el abatimiento de los niveles próximos a la superficie y mitigar el agravamiento de la situación.

Para su construcción se recurrió al empleo de subdrenes de zanjas o trincheras drenantes, con membrana geotextil, que a lo largo de toda la extensión de los mismos reviste el empaque de gravas utilizado como material filtrante y la cañería ranurada para captación y evacuación del agua, ubicada sobre el fondo de las mencionadas trincheras drenantes.

Estas obras fueron complementadas con la realización de nuevos sistemas de encauzamiento superficial, y la construcción de nuevos colectores pluviales en las avenidas principales.

Agradecimiento: al Téc. Andrés Blachakis por el apoyo técnico e informático en la confección del mapa adjunto (prog. PC- ArcInfo / ArcView.)

BIBLIOGRAFIA

- Castrillo, E; Grizinik, M; y Amoroso, A. .1984. Contribución al conocimiento hidrogeológico de Comodoro Rivadavia, Chubut. Actas IX Congreso Geológico Argentino. Bariloche. T6: 393-406.
- Grizinik, M. y Hirtz, N..1997. Estudio de la salinización del sector sudoeste del ejido urbano de la ciudad de Comodoro Rivadavia, Chubut. Inf. Inéd.. Universidad Nacional de la Patagonia SJB. Comodoro Rivadavia.
- Hirtz, N.. 1998. Carta Geoambiental de la ciudad de Comodoro Rivadavia, Chubut. Inf. Inéd. Universidad Nacional de la Patagonia SJB. Comodoro Rivadavia.
- Sciutto, J.C.; Césari, O.; y Escribano, V..1999. Hoja Geológica 4566-III. Comodoro Rivadavia, Provincia de Chubut. Servicio Geológico Minero Argentino. (En prensa).