



**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**

**ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LAS
AGUAS AFLORANTES SOBRE LA BANQUINA OESTE
DE LA RUTA NACIONAL N° 3 EN EL EJIDO DE LA
MUNICIPALIDAD DE RADA TILLY**

Daniel Fernando González

Director de tesina: Geólogo Mario Grizinik

Jurados: Dr. Juan José Serra, Dr. Claudio Lexow, Dr. Oscar Martínez

Rada Tilly, Octubre 2015



**PROGRAMA DE POSTGRADO INTERINSTITUCIONAL
EN CIENCIAS HIDRICAS**

**Trabajo Final Especialización en Contaminación de Aguas Subterráneas
Geólogo Daniel Fernando González**

AÑO 2015

**Análisis cuantitativo y cualitativo de las aguas aflorantes sobre la
banquina oeste de la Ruta Nacional N° 3 en el ejido de la Municipalidad
de Rada Tilly**



FOTOGRAFÍA 1



INDICE

| | |
|---------------------------------|----|
| RESUMEN | 2 |
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO | 5 |
| MATERIALES Y METODOS | 6 |
| RESULTADOS OBTENIDOS | 8 |
| o Componentes Mayoritario | |
| o Dureza | |
| o Índices Hidrogeoquímicos | |
| o Uso Humano | |
| o Uso Agrícola | |
| o Uso Industrial | |
| o Calidad de las aguas | |
| CONCLUSIONES | 18 |
| BIBLIOGRAFÍA | 19 |
| o Bibliografía Consultada | |
| ANEXOS | 20 |

RESUMEN

En un talud generado al ampliar la traza de la ruta nacional N° 3, en el tramo que atraviesa la villa balnearia Rada Tilly, se generó un afloramiento de agua subterránea al interceptar el napa freática (Fotografía 1), en él se percibieron olores característicos de efluentes cloacales. Se planteó como posible fuente de contaminación el barrio ubicado aguas arriba, en el cual un pequeño porcentaje de vecinos poseen pozos absorbentes y otros se hallan conectados a la red de efluentes cloacales existente.

El alcance del trabajo consistió en caracterizar las aguas de este sitio, determinar presencia de indicadores bacteriológicos presentes en efluentes cloacales y la vía de migración de los mismos.

El análisis físico químico arrojó que las aguas son de origen freático y que en el sitio de afloramiento no estarían contaminadas por aporte subterráneo de aguas residuales urbanas. Se constató que en la parte alta del talud se produce un aporte de efluentes cloacales por un rebalse esporádico de una boca de registro por taponamiento de la red. Este rebalse escurre superficialmente sobre el sector más oriental del afloramiento generando una mezcla de las aguas de diferente origen.



SUMMARY

An outcrop of groundwater was discovered in an embankment located in the section that crosses Rada Tilly's seaside villa when the tracing of the Nacional Road N°3 was made (Photo N° 1). Odors of sewage effluents were perceived, a neighbourhood located upstream presumably being the source of contamination as a small percentage of neighbours are not connected to the existing sewage effluent network.

The scope of work was to characterize the waters of this site, determine the presence of bacterial indicators present in sewage and migration path thereof.

The physical and chemical analysis showed that the waters are phreatic origin and outcrop on the site would not be contaminated by underground supply of urban wastewater. It was found that in the upper part of the slope a contribution of sewage produced by a sporadic overflow from a manhole by plugging the network. This overflow runs off superficially on the easternmost outcrop sector generating a mixture of waters of different origin.

INTRODUCCION

La obra de ampliación de la Ruta Nacional N° 3 en el tramo que une la ciudad de Comodoro Rivadavia con Caleta Olivia ha generado un talud cercano al ingreso a la Villa Balnearia Rada Tilly el cual ha descubierto de manera apreciable un afloramiento de agua subterránea (Ver Anexos: Fotografía 2).

Si bien este afloramiento natural ya estaba presente antes de que se construyera la ruta, el corte del terreno permite visualizar la sección saturada en forma muy clara. En el sector próximo a la Ruta Nacional N° 3 se perciben olores que podrían indicar algún tipo de contaminación por efluentes cloacales, hecho que ha sido discutido en algún momento en el ámbito municipal y la prestataria de servicio público local por queja de los vecinos, pero se carece de estudios del sitio.

Esta posible contaminación podría relacionarse con el barrio "El Mirador", el cual fue construido a finales de la década del ochenta ubicado al Norte y "aguas arriba" del sector de interés (Ver Anexos: Fotografía 3). Este proyecto consideró la construcción de 50 viviendas de 100 m² cada una, capaz de albergar una familia tipo, sobre un terreno de 200m², ocupando una superficie total de 10000 m² sobre el faldeo del cerro.

Inicialmente este suburbio no contó con red de efluentes cloacales y, si bien hoy en día existe, no todas las viviendas están conectadas a él, según comunicación verbal con profesionales de la prestataria de servicio público local que trabajaron en el área, un 10% de las mismas aún tienen pozos absorbentes, si bien existe la ordenanza municipal 1029/94 que los prohíbe en sus artículos 3 y 4.

Un nuevo loteo se halla ubicado en forma adyacente, al Oeste sobre el afloramiento,



denominado "Terrazas del Molino", que según su representante técnico ya cuenta con la red cloacal instalada, motivo por el cual en el futuro solo incorporara agua de riego a la freática.

Las aguas que escurren desde este afloramiento, luego de recorrer una centena de metros en forma paralela a la banquina de la Ruta Nacional N° 3 en sentido suroeste, se infiltran, y si bien no se ha estudiado su migración subterránea se presume que los filetes de flujo, en este sector, tienen dirección hacia la laguna de Rada Tilly.

Considerando los Arts. 41 y 42, contenidos en Título II de la Protección de las aguas y el aire – Capítulo I de las Medidas Protectivas de la LEY XI - N° 35(ex Ley 5439) CÓDIGO AMBIENTAL DE LA PROVINCIA DEL CHUBUT, está de manifiesto dicho incumplimiento.

Esta Ley define efluentes como: "Todo líquido, sólido y gas que se evacua fuera de las instalaciones donde se produce."

La FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (Food and Agriculture Organization)-mundialmente define aguas residuales como : "Agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. No obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. Las aguas de refrigeración no se consideran aguas residuales."

A las aguas residuales también se les llama aguas servidas, fecales o cloacales. Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín *cloaca*, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector.

Se subdividen en

- las aguas grises, que provienen de la limpieza de vajilla, ropa y aseo personal, como las de la ducha, baños de inmersión, etc.
- las aguas negras, son un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.

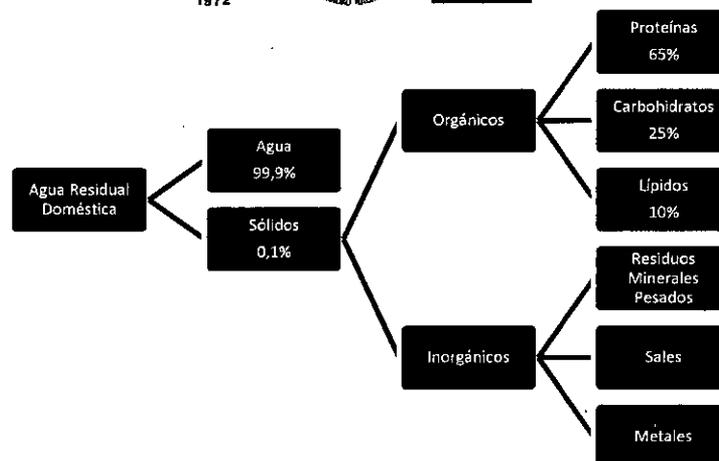


Figura 1: Diagrama de componentes de agua residual

El objeto de este trabajo es caracterizar las aguas freáticas aflorantes en un talud, el cual aportará información de base ambiental local dentro del ejido municipal de Rada Tilly. Además, el análisis bacteriológico podrá ser utilizado como indicador de contaminación.

UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO

El sector del afloramiento de aguas subterráneas se halla ubicado un talud cercano al ingreso a la Villa Balnearia Rada Tilly en el kilómetro N° 1842,2 de la Ruta Nacional N° 3 sobre el sector de la banquina oeste.

Es un sector de pendiente con vergencia sur que se origina en una terraza estructural, la cual es una elevación plana que sobresale respecto a su entorno originada por erosión diferencial de estratos de diferentes competencias, siendo los mismos pertenecientes a la formación Patagonia.

Su horizontalidad y tenacidad de las rocas componentes no da lugar a que se desarrollen drenajes sobre la superficie. La permeabilidad primaria de las rocas es mínima, siendo más importante para el flujo de aguas subterráneas la permeabilidad secundaria.

El desarrollo de estas pendientes es a expensas de un sustrato de características geológicas prácticamente constantes, afectando localmente a la formación Patagonia y conforman un dominio de erosión sub-aérea con predominio de erosión pluvial y en forma subordinada eólica.

En un contexto general el ambiente se encuentra vinculado a la zona de recarga 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 (Castillo, E. et al, 1984).

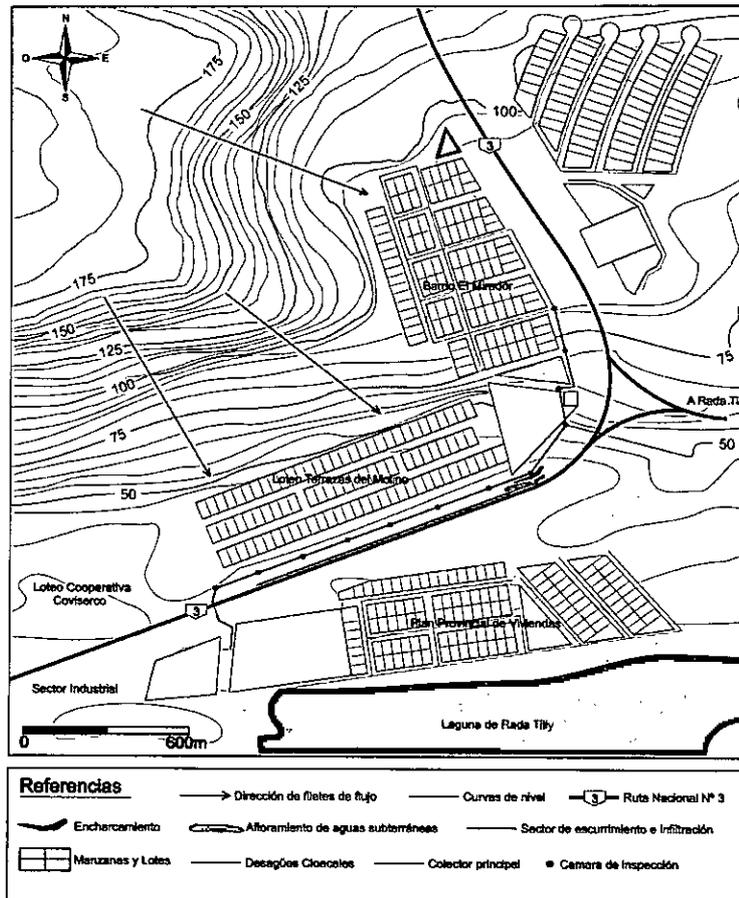


Figura 2: Mapa de ubicación, topográfico, urbano y aguas.

MATERIALES Y METODOS

Como primer paso se ejecutó una revisión bibliográfica y recopilación de información existente del lugar y sectores adyacentes, posteriormente se realizó el seguimiento de la evolución del sitio mediante el estudio de las imágenes satelitales desde 2003 a 2015 y estudio de fotografías aéreas de la localidad de Rada Tilly.



A continuación se realizaron varias visitas expeditivas al sector en diferentes momentos con el objeto de realizar relevamientos observando los distintos puntos en que aflora agua, el comportamiento de los mismos luego de algunas precipitaciones. Se reconocieron desbordes de cámaras de inspección del colector de efluentes cloacales (Ver Anexos: Fotografía 4) provenientes del barrio El Mirador, los sitios de encharcamientos producto de rebalces de dichas cámaras (Ver Anexos: Fotografías 5 y 6) y sectores de rebalse sobre el talud (Ver Anexos: Fotografía 7).

Se reconocieron en el terreno, sobre el borde del talud, sectores de encharcamiento de las aguas servidas, en ellos se encontraron varias plantas de tomates de gran porte con frutos maduros producto de la germinación de semillas no digeridas transportadas por este fluido. (Ver Anexos: Fotografía 5).

Al no contar con un análisis de agua previo a la construcción del barrio, se intentó realizar una perforación con pala hoyadora (vizcachera) con el objeto de obtener una muestra “aguas arriba” de la influencia antrópica, no teniendo éxito en ésta tarea debido a que el aumento de elevación topográfica ubica a la superficie freática a tal profundidad que la labor se debería realizar con un equipo de perforación.

Posteriormente se seleccionaron dos puntos para extracción del fluido a fin de obtener una muestra compuesta y representativa de la fuente cuya calidad se deseaba evaluar. En este punto se consideró analizar las aguas aflorantes que no se encontrasen afectadas por la escorrentía superficial.

Los pasos que se han realizado para asegurar la correcta ejecución del muestreo a fin de mantener la calidad del agua han sido los siguientes:

-Reconocimiento de cada uno de los puntos de muestreo y toma de coordenadas geográficas mediante un GPS convencional marca GARMIN.

| Denominación de muestra de agua compuesta | Coordenadas Geográficas (WGS 84) | |
|---|----------------------------------|--------------|
| | Latitud S | Longitud W |
| M.A.A.S.R.T.* | 45°55'21.40" | 67°34'31.13" |
| | 45°55'20.40" | 67°34'27.85" |

Tabla N° 1 – Coordenadas geográficas sitios de muestreo
*Muestra de afloramiento agua subterránea Rada Tilly

-Recolección de la muestra de agua compuesta en recipientes provistos por el laboratorio. Cada kit se compone de seis recipientes con diferentes volúmenes, con o sin conservantes.



-El muestreo se realizó con celeridad utilizando muestreador, recipientes y guantes descartables a fin de evitar la contaminación cruzada (Ver Anexos: Fotografías 8 y 9).

-Se realizaron mediciones *in situ* de pH (Ver Anexos: Fotografía 10), temperatura y conductividad eléctrica (Ver Anexos: Fotografía 11), como así también se prestó atención a alteraciones o manifestaciones físicas (percepciones organolépticas).

| Parámetros | Unidad | Valor |
|-------------------------|--------|-------|
| Temperatura | °C | 10,3 |
| pH | | 6 |
| Conductividad Eléctrica | µS/cm | 27400 |

Tabla N° 2 – Parámetros medidos *in situ*

-Para su transporte hasta el laboratorio, el kit de frascos se almacenó en conservadoras portátiles con envases de gel refrigerante con el objeto de mantener inalteradas las muestras y proteger de golpes y exposición solar.

Recepcionados los protocolos analíticos de las muestras de aguas se procedió a:

-Corroborar la correspondencia de los analitos solicitados conforme al pedido efectuado.

-Comparación de los parámetros establecidos según la legislación vigente.

-Elaboración de diferentes mapas, que se agruparon en uno solo, con el fin de integrar toda la información.

Realización del presente trabajo adjuntando gráficos, tablas e imágenes.

RESULTADOS OBTENIDOS

La muestra compuesta fue analizada en el Laboratorio Grupo Induser S.R.L. que se halla inscripto en el Registro Provincial de Laboratorios de Servicios Analíticos Ambientales de la provincia del Chubut.



Componentes Mayoritarios

En la Tabla N° 3 se exponen los resultados de los componentes químicos mayoritarios analizados, el método utilizado y las unidades correspondientes para la muestra tomada.

| Parámetros | Método | Unidad | Valor |
|----------------------------|---------------|--------|-------|
| Cloruro | Por ecuación* | mg/l | 3237 |
| Sulfato | SM 4110 B | mg/l | 14000 |
| Alcalinidad de Bicarbonato | SM 2320 B | mg/l | 305 |
| Alcalinidad de Carbonato | SM 2320 B | mg/l | 52,9 |
| Sodio | ISO 14911 | mg/l | 6447 |
| Potasio | ISO 14911 | mg/l | 26,1 |
| Magnesio | ISO 14911 | mg/l | 1040 |
| Calcio | ISO 14911 | mg/l | 440 |

Tabla N° 3 – Elementos Mayoritarios

*Parámetro calculado por despeje con la ecuación de condición de electro-neutralidad

La precisión de los análisis químicos se controla mediante diferentes métodos, entre estos la diferencia entre aniones y cationes que no debe exceder de un cierto valor. En este caso por no contarse con el valor del cloruro se utilizó la misma para determinarlo.

$$e = \frac{(\sum \text{aniones} - \sum \text{cationes}) \times 100}{(\sum \text{aniones} + \sum \text{cationes})}$$

e: Error. en %.

Σ cat: Suma de cationes. en meq/L.

Σ an: Suma de aniones, en meq/L.

Las concentraciones relativas de los iones fundamentales disueltos en las aguas se han representado en el diagrama triangular de Piper-Hill, en el diagrama semi-logarítmico de Schoeller-Berkaloff, en el diagrama de Collins y en el diagrama de Stiff. Estas representaciones, en la cuales los componentes están situados según su concentración, permite determinar mediante una rápida visualización el tipo de agua presente.

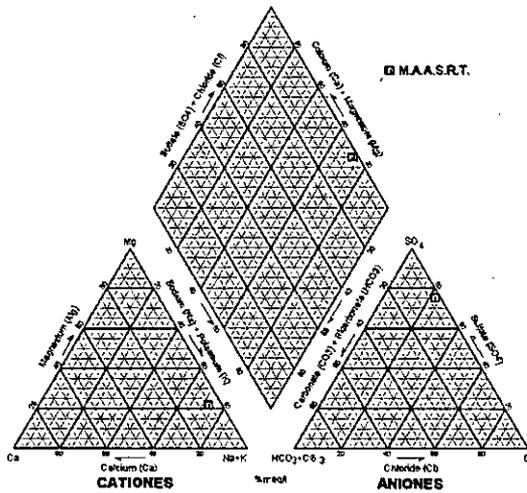


Figura 3: Diagrama de Piper-Hill

La muestra analizada pertenece a la familia de aguas Sulfatadas Sódicas.

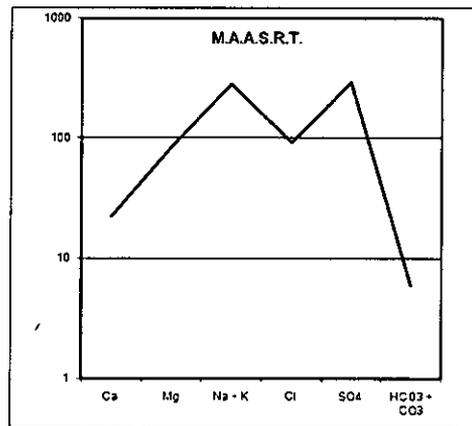


Figura 4: Diagrama de Schoeller-Berkaloff

En este diagrama se puede observar el predominio de los iones Sodio-Potasio y Sulfato.

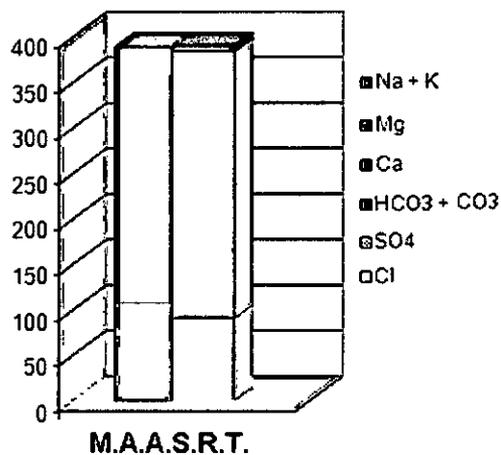


Figura 5: Diagrama de Collins (meq/L)

En este diagrama se observan los valores parciales y totales de aniones y cationes.

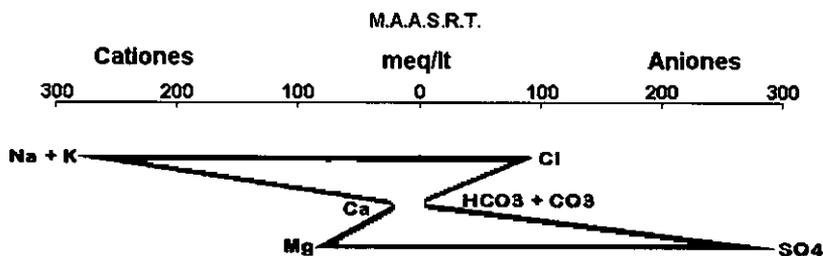


Figura 6: Diagrama de Stiff (meq/L)

Esta representación que se utiliza principalmente en mapas hidroquímicos permite visualizar rápidamente la salinidad, la calidad y las diferencias entre diferentes muestras.

El valor de conductividad eléctrica obtenido mediante cálculo es de $25548 \mu\text{S}/\text{cm}$, el valor obtenido mediante medición *in situ* es $27400 \mu\text{S}/\text{cm}$, considerando ambos valores se puede interpretar la extrema salinidad de estas aguas subterráneas.



DUREZA

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad, el límite para denominar a un agua como dura debe ser superior a 120 mg CaCO₃/l.

La dureza del agua se expresa normalmente como cantidad equivalente de carbonato de calcio (aunque propiamente esta sal no se encuentre en el agua) y se calcula, genéricamente, a partir de la suma de las concentraciones de calcio y magnesio existentes (miligramos) por cada litro de agua; que puede expresarse en concentración de CaCO₃.

| <i>ppm CaCO₃</i> | <i>Tipo de Agua</i> |
|-----------------------------|----------------------|
| 0-50 | blanda |
| 50-100 | moderadamente blanda |
| 100-200 | ligeramente dura |
| 200-300 | moderadamente dura |
| 300-450 | dura |
| 450 | muy dura |

Tabla N° 4 – Criterios clasificación dureza

Según los análisis de laboratorio y considerando la tabla precedente estas aguas son consideradas muy duras, ya que su valor como se observa en el siguiente cuadro.

$$\text{Dureza (mg/l de CaCO}_3\text{)} = 2,50 [\text{Ca}^{++}] + 4,16 [\text{Mg}^{++}]$$

| Ca (mg/l) | Mg (mg/l) | Dureza |
|-----------|-----------|--------|
| 440 | 1040 | 5426 |

Tabla N° 5 – Dureza de la muestra

Índices Hidrogeoquímicos

| Relación | Valor |
|------------------------|--------|
| rMg/rCa | 3,90 |
| rK/rNa | 0,0024 |
| rCl/rCO ₃ H | 18,27 |
| rSO ₄ /rCl | 3,19 |
| ICB | -2,08 |

Tabla N° 6 – Valores relaciones iónicas



En la relación rCl/rCO_3H las aguas continentales varían de 0,1 a 5 y las marinas varían de 20 a 50, suponiendo un origen continental de las mismas este valor indicaría un aumento de concentración de sales en el sentido del flujo subterráneo, o sea son aguas evolucionadas.

El valor del índice de cambio de bases, o índice de equilibrio entre cloruros y alcalinos, al ser negativo indica que son aguas de origen continental.

Uso Humano

Del análisis de los componentes mayoritarios y algunos parámetros se determinó que estas aguas no son aptas para consumo humano.

| <i>Características</i> | <i>Valor Máximo</i> | <i>M.A.A.S.R.T.</i> |
|------------------------|---------------------|---------------------|
| PH | 6,5 - 8,5 | 6 |
| STD(mg/l) | 1500 | 25548 |
| Dureza(mg/l) | 400 | 5385 |
| Cl-(mg/l) | 350 | 3237 |
| SO4=(mg/l) | 400 | 14000 |

Tabla N° 7 – Parámetros generales para uso humano del agua

Uso Agrícola

La caracterización del agua para ser utilizada para riego se basa en dos parámetros denominados CSR (Carbonato de Sodio residual) y RAS (Razón Absorción Sodio)

$$CSR = (CO_3 + CO_3H) - (Ca + Mg) \text{ (expresados en meq/l)}$$

| <i>Muestra</i> | <i>CSR</i> |
|-------------------|------------|
| M.A.S.R.T. | -101,6923 |

Tabla N° 8 – Valor calculado CSR

| <i>Clase</i> | <i>Valor de CSR (meq/l)</i> |
|----------------|-----------------------------|
| Buena | menos de 1,25 |
| Condicionada | 1,25 a 2,50 |
| No Recomendada | mayores de 2,5 |

Tabla N° 9 – Criterios de clasificación CSR

$$RAS = [Na+] / \sqrt{([Ca^{++}] + [Mg^{++}]) / 2}$$

| <i>Muestra</i> | <i>RAS</i> | <i>Conductividad (µS/cm)</i> |
|-------------------|------------|------------------------------|
| M.A.S.R.T. | 38,25 | 27400 |



$$RAS = [Na^+] / \sqrt{([Ca^{++}] + [Mg^{++}])/2}$$

| Muestra | RAS | Conductividad ($\mu S/cm$) |
|------------|-------|------------------------------|
| M.A.S.R.T. | 38,25 | 27400 |

Tabla N° 10 –Valor RAS calculado y Conductividad Eléctrica medida

Criterio del RAS

Grupo S1: Valor RAS entre 0 y 10. Son aguas de bajo contenido de sodio, útiles para el riego de la mayoría de los suelos y cultivos.

Grupo S2: Valor RAS entre 10 y 18. Son agua de mediano contenido en sodio, útiles para el riego de cultivos en suelos de textura gruesa o de suelos orgánicos con buena permeabilidad.

Grupo S3: Valor RAS entre 18 y 26. Son aguas de alto contenido de sodio, aplicables solamente en suelos yesíferos o en suelos con técnicas especiales en manejo (sistemas de cultivos). No son útiles para el riego de cultivos altamente sensibles al sodio, como lo son la mayoría de los frutales.

Grupo S4: Valor RAS mayor de 26. Son aguas de muy alto contenido en sodio, prácticamente inadecuadas para cualquier tipo de riego, en cualquier tipo de suelos.

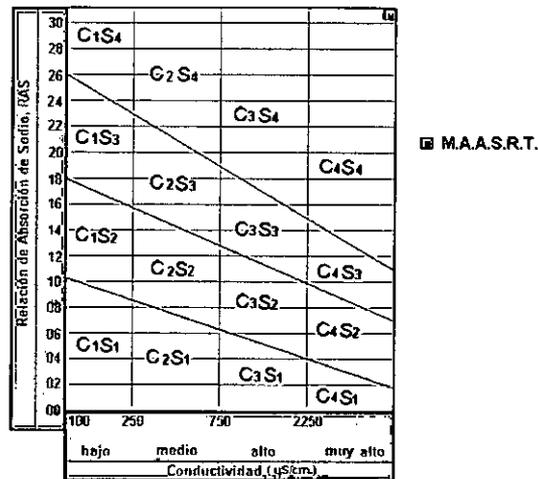


Figura 7: Diagrama de Wilcox

Al ingresar los datos obtenidos en el diagrama de Wilcox, se posiciona en el campo C4S4 en los que el tipo de agua se considera como de “salinidad extrema” y, en general, no recomendable para el riego de ningún tipo de cultivo, en ningún tipo de suelo, con excepción de las zonas costeras.



Son aguas de muy alto contenido en sodio, prácticamente inadecuadas para cualquier tipo de riego, en cualquier tipo de suelos.

Uso industrial

El agua utilizada para enfriamiento en procesos industriales es un agua de origen natural, que se verá sometida a calentamiento, y por el proceso de vaporización existirá un aumento de concentración de los STD. Por lo tanto, encontraremos formación de incrustaciones, principalmente CaCO_3 (también Mg(OH)_2 , CaSO_4).

Es posible estudiar las características particulares del agua que circula por el sistema, para determinar su tendencia a precipitar o disolver depósitos cálcicos.

Para esto se emplean los Índices desarrollados por Langelier, Ryznar y Puckorius.

| <i>Muestra</i> | <i>Langelier (IS)</i> | <i>Ryznar (IR)</i> | <i>Puckorius (PSI)</i> |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| M.A.A.S.R.T. | -0,87 | 7,73 | 5,36 |
| | Tendencia Corrosiva | Significativamente agresiva | Rango Óptimo |

Tabla N° 11 – Índices de calidad de uso industrial

Si $IS = 0$, agua en equilibrio químico con el CaCO_3

Si $IS < 0$, agua con tendencia a ser corrosiva (Infra saturada de CaCO_3)

Si $IS > 0$, agua con tendencia incrustante (sobresaturada de CaCO_3)

IR de 4,0 - 5,5, Fuertemente incrustante

IR > de 5,5 y < 6,2, Ligeramente incrustante

IR > de 6,2 y < 6,8, en equilibrio

IR > de 6,8 y < 8,5, Significativamente agresiva

IR > de 8,5 y < 9,0, Fuertemente agresiva

IR > 9,0 Muy fuertemente agresiva

Si $PSI < 4,5$ Tendencia a la incrustación

4,5 < $PSI < 6,5$, Rango óptimo (No hay corrosión)

Si $PSI > 6,5$ Tendencia a la corrosión



Calidad de las aguas

Si bien por lo expuesto las aguas del afloramiento según los parámetros analizados no son para consumo humano. El Código Alimentario Argentino (CAA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) en sus Guías para la calidad del agua potable, la Directiva 98/83/CEI y otras normas internacionales, establecen o recomiendan requisitos de calidad para el aguade consumo humano.

La norma bacteriológica de calidad establece que el agua debe estar exenta de patógenos de origen entérico y parasitario intestinal que son los responsables de transmitir enfermedades como salmonelosis, shigelosis, amebiasis, etc.

Si se establece una comparación con el Decreto N° 1402/83 modificatorio del decreto reglamentario 2099/77 de la provincia del Chubut, el cual establece en su Art.6° los límites de vertido de líquidos residuales. Considerando que estas aguas subterráneas naturalmente afloran en un sector urbano puntual, presentando el riesgo latente de contacto con personas y animales domésticos, para posteriormente infiltrarse en el sustrato y de esta manera continuar su tránsito hacia el nivel de base local (laguna de Rada Tilly).

| Parámetros | Método | Unidad | Muestra | Decreto N° 1402/ 83(modifica 2099 /77) |
|-------------------------------------|-------------|------------|----------|--|
| D.B.O.5 (*) | SM 5210 B | mg/l | < 5,0 | <50 |
| D.Q.O. (*) | SM 5220 D | mg/l | 26,5 | <50 |
| Sustancias Solubles en Éter Etilico | O.S.N. | mg/l | < 5,0 | <50 |
| Sólidos Sedimentables 10 min. | SM 2540 F | ml/l | 2,0 | Ausencia |
| Sólidos Sedimentables 2 h. | SM 2540 F | ml/l | 2,2 | N/R |
| Bacterias Aerobias Mesófilas (*) | SM 9215 B | UFC/ml | 180 | 500 |
| Bacterias Coliformes Totales (*) | SM 9221 B/C | NMP/100 ml | < 300 | N/R |
| <i>Escherichia Coli</i> | SM 9221 B/F | /100 ml | Ausencia | N/R |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | SM 9213 E | /100 ml | Ausencia | N/R |

Tabla N° 12 – Parámetros de calidad de agua

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación por presencia de materia orgánica biodegradable; normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO5) y se expresa miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg/l).



Valores por encima de 30 mgO₂/litro pueden ser indicativos de contaminación en aguas continentales, aunque las aguas residuales pueden alcanzar una DBO de miles de mg/litro, por lo que en este caso no se observa contaminación.

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros...), que también se reflejan en la medida.

El valor obtenido es siempre superior a la demanda biológica de oxígeno (aproximadamente el doble), ya que se oxidan por este método también las sustancias no biodegradables. La relación entre los dos parámetros es indicativa de la calidad del agua y la diferencia entre ellas, en la mayoría de los casos, da una idea de la cantidad de materia orgánica biodegradable y no biodegradable de un efluente. (Lic. Eduardo Sarlo - UTN)

El contenido de lípidos (principalmente grasas y aceites) se determina por extracción de la muestra con éter etílico o bien con otros agentes de extracción no polares, debido a que son solubles en ellos. En este caso es despreciable.

Los sólidos sedimentables pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaeróbicas cuando se vierte agua residual sin tratar en un entorno acuático. O en el caso de que sean sólidos suspendidos pueden causar turbiedad e incluso impedir el ingreso de los rayos solares.

Los coliformes totales, se encuentran con más frecuencia en el medio ambiente, pueden estar en el suelo y en las superficies del agua dulce, por lo que no son siempre intestinales. (Navarro Roa, María Olga- 2007)

Los patógenos (como *Escherichia Coli* y *Pseudomonas Aeruginosa*) pueden causar enfermedades contagiosas por su presencia en el agua residual. Proviene fundamentalmente de redes cloacales y de alcantarillado. (Lic. Eduardo Sarlo - UTN)



CONCLUSIONES

El motivo principal para realizar el muestreo en el afloramiento fue la permanente presencia de olores nauseabundos, posiblemente por presencia de contaminación con efluentes cloacales en el sitio, y la caracterización de las aguas subterráneas.

Las aguas se caracterizaron como Sulfatadas Sódicas con pH igual a 6, Conductividad Eléctrica 27400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Sólidos Totales Disueltos 25548 mg/l y Dureza 5385. Estos parámetros indican que no son aptas para consumo humano ni riego. En caso de ser usadas en la industria poseen tendencia corrosiva, por lo que tampoco serían recomendables.

Se determinó mediante el análisis de los datos que las aguas aflorantes en el talud no contienen ni *Escherichia Coli* ni *Pseudomona Aeruginosa*, pero se han detectado bacterias comunes para ambientes en los que hay presencia de agua y aire, por lo que se descarta la contaminación por los posibles focos puntuales que actualmente hay en el barrio El Mirador. O bien el tránsito del fluido por más de doscientos metros a través de sedimentos areno-limo-arcillosos de la formación Patagonia produce un filtrado natural tal que disminuiría notablemente la concentración que podría haber tenido.

Esto último es potenciado por la extrema salinidad de las aguas y su carácter ácido, lo que condicionaría la supervivencia de estas especies patógenas, no ocurriendo lo mismo con las bacterias ambientales que podrían introducirse en el momento del muestreo.

Por otro lado se observaba presencia sectores de encharcamiento que son las fuentes de los olores típicos de materia orgánica en descomposición. Estos sitios al rebalsarse podrían ocasionalmente llegar al borde del talud y mezclarse con las aguas del afloramiento y generar situaciones ambientales desagradables para los transeúntes.

La falta de mantenimiento del colector de efluentes cloacales por parte de la prestataria del servicio público local generará repetidos desbordes de las cámaras de inspección acentuando esta contaminación superficial.



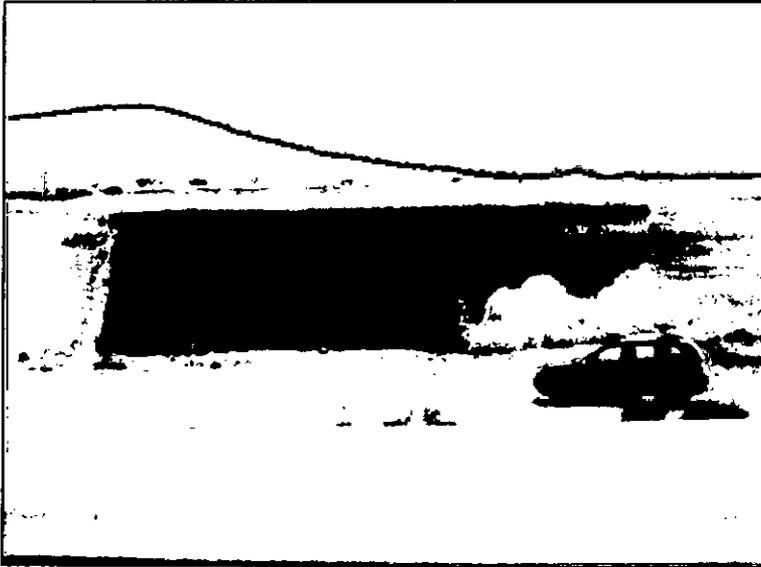
BIBLIOGRAFÍA

- Castrillo, E; Grizinik, M; y Amoroso, A. (1984) Contribución al conocimiento hidrogeológico de Comodoro Rivadavia, Chubut. Actas IX Congreso Geológico Argentino. T6: 393-406.
- Navarro Roa, María Olga (2007) Determinación de coliformes totales y E. Coli de aguas mediante la técnica de sustrato definido, colilert por el método de Numero Más Probable.
- Sarlo, Eduardo (2006) Efluentes Líquidos- Seguridad, Higiene e Ingeniería Ambiental – UTN.

Bibliografía Consultada

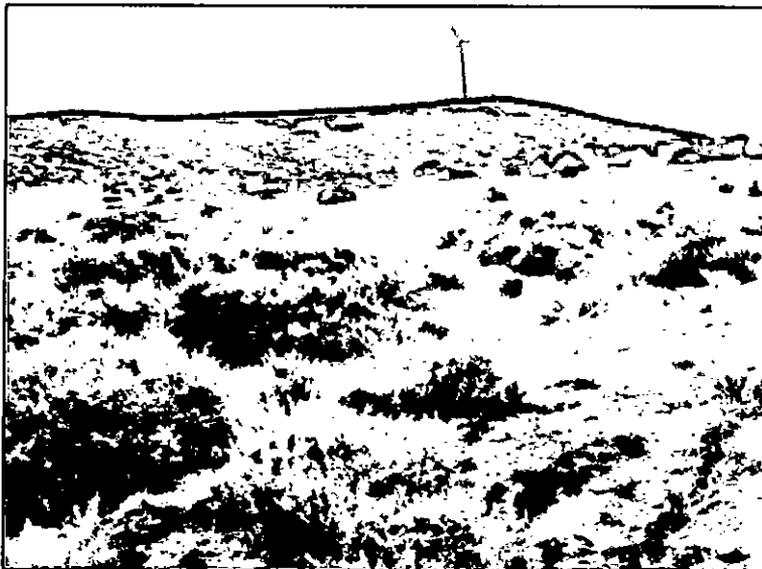
- Auge, Miguel. (2004) Hidrogeología Ambiental Prof. Titular de Hidrogeología, Univ.Bs.As. Fac.Cs.Exactas y Naturales, Dpto. Cs Geológicas.
- Benítez, A.; Captación de Aguas Subterráneas. Editorial Dossat 1972.
- Cesari, O., Simeoni, A., Beros, C. (1986) Geomorfología del sur del Chubut y norte de Santa Cruz.
- Cesari, Omar Y Simeoni, Alejandro. (1993) Planicies Fluvioglaciares terrazas y bajos eólicos de la Patagonia Central, Argentina.
- Custodio, E.; Llamas, M. R. Hidrología Subterránea – Barcelona: Omega, 1983a.
- González Arzac, R., Díaz, J. Y CalvettyAmboni, B. 1991. Geohidrología del área noreste de la provincia de Santa Cruz. Consejo Federal de Inversiones. Serie Investigaciones Aplicadas. Colección Hidrología Subterránea N° 1. Buenos Aires.
- Grizinik, Mario y Hirtz, Nestor. (2000)- Salinización en el ejido urbano de la ciudad de Comodoro Rivadavia.
- Mireya del Pilar Arcos Pulido (2005) Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Cundinamarca – Colombia.
- Sánchez San Román, F. Javier - Hidrogeología. Conceptos Fundamentales., Dpto. Geología Universidad de Salamanca. España.
- Sánchez San Román, F. Javier. Hidroquímica. Conceptos Fundamentales., Dpto. Geología Universidad de Salamanca. España. <http://web.usal.es/javisan/hidro>
- Sánchez San Román, F. Javier. Contaminación de aguas subterráneas. Conceptos Fundamentales., Depto Geología Universidad de Salamanca. España. <http://web.usal.es/javisan/hidro>.

ANEXOS



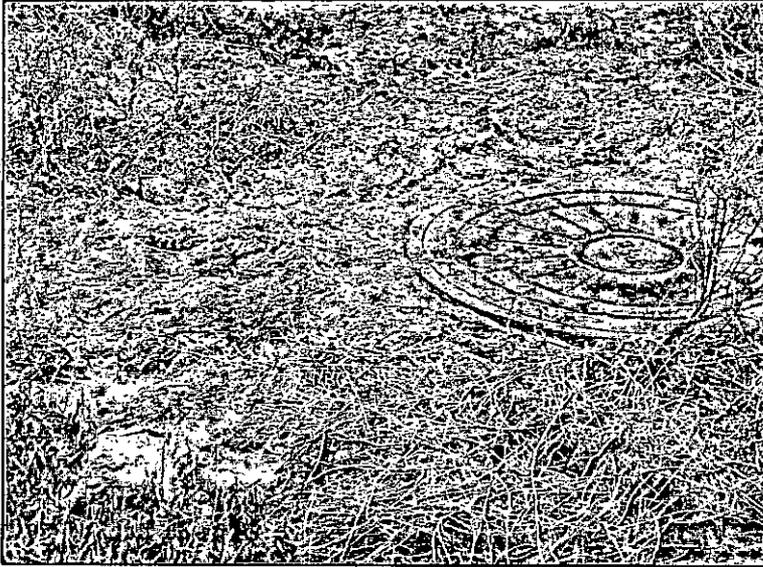
FOTOGRAFÍA 2

Vista hacia al NNW de uno de los afloramientos de agua. Por encima se observan las palmas de alumbrado público del loteo Terrazas del Molino.

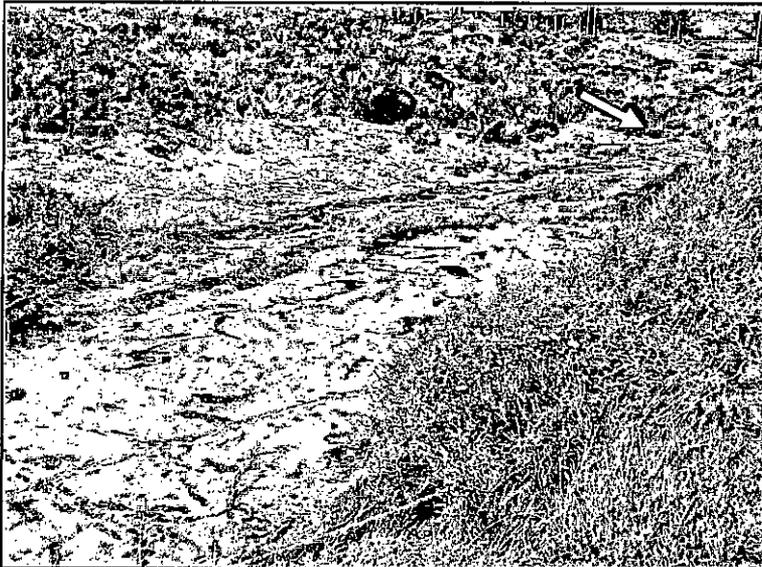


FOTOGRAFÍA 3 (Julio 2015)

Vista hacia el Norte aguas abajo del punto de rebalse de efluentes. Se observa al fondo el barrio El Mirador, punto de generación de aguas servidas.



FOTOGRAFÍA 4 (octubre de 2015)
Vista de cámara de inspección del colector de aguas servidas recientemente rebalsado.



FOTOGRAFÍA 5 (Julio 2015)
Vista de la parte superior del sector de encharcamiento de aguas servidas, en el fondo se observan varias plantas de tomates germinadas a partir de las semillas transportadas por las aguas (flecha).



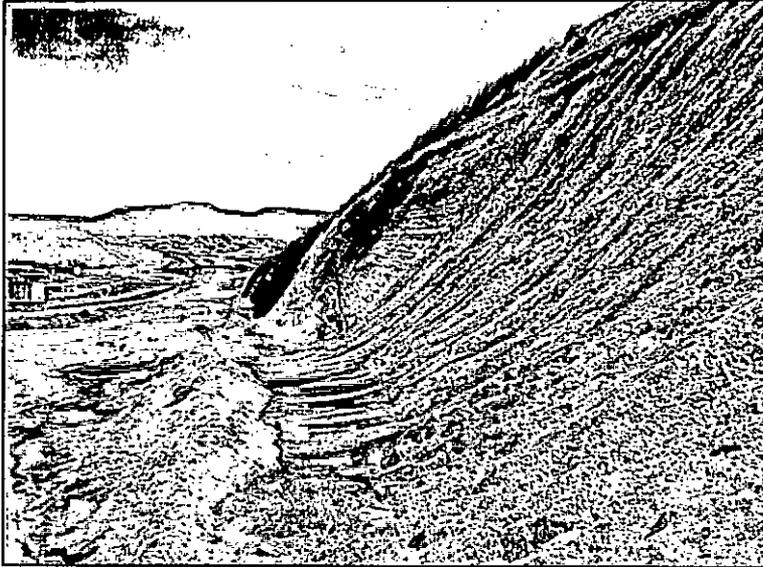
FOTOGRAFÍA 6 (Julio 2015)

Vista al WSW sobre el sector del talud. Se observa el sector de mayor encharcamiento de las aguas servidas. Hacia la derecha se visualizan las palmas de alumbrado público del loteo Terrazas del Molino.



FOTOGRAFÍA 7 (Julio 2015)

Vista al WSW sobre el borde del talud. Se observa un derrame puntual y temporal del sector de encharcamiento sobre el afloramiento del talud. La flecha blanca indica un sector de mezcla de aguas (subterráneas y servidas). Las flechas azules indican los sitios de muestreo de agua subterránea.

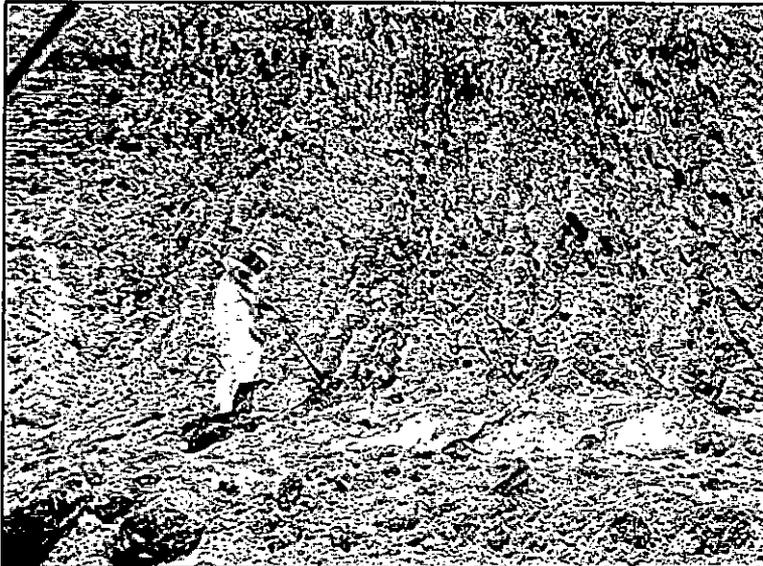


FOTOGRAFÍA 8 (Octubre 2015)

Vista al WSW.

Muestreo de aguas aflorantes en la base del talud en el punto 1.

Hacia el sector izquierdo y hacia el fondo se observa el sector de escurrimiento e infiltración de las aguas aflorantes.



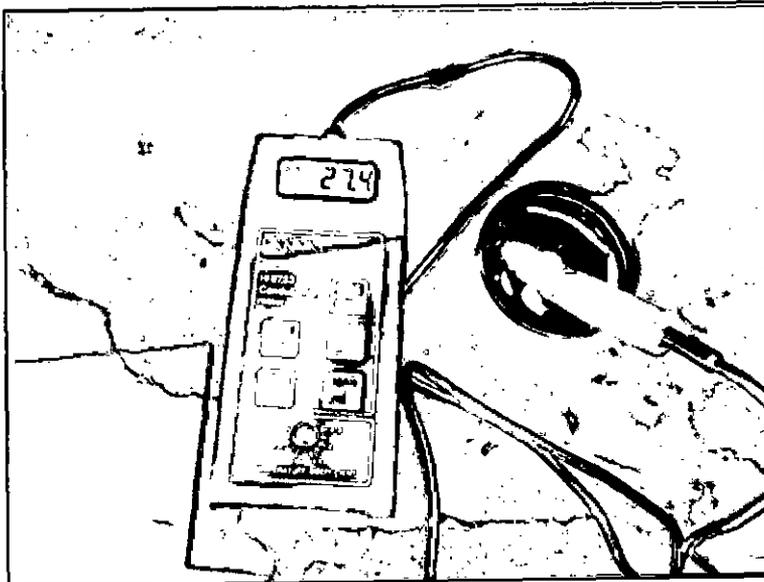
FOTOGRAFÍA 9 (Octubre 2015)

Vista al Norte.

Detalle del muestreo en el punto 2.



FOTOGRAFIA 10 (octubre de 2015)
Medición *in situ* del ph utilizando cintas de papel con reactivos colorimétricos.



FOTOGRAFIA 11 (octubre de 2015)
Medición *in situ* de la conductividad eléctrica en mS/cm.



Laboratorio central: induser@induser.com.ar - Tel/Fax: (54-11) 4283-6000
 Sede San Juan: administracionsanjuan@induser.com.ar - Tel/Fax: (54-0264) 422-0370/4904
 Sede Salta: coordinacionsalta@induser.com.ar - Tel/Fax: (54-387) 439-5625
 Sede Neuquén: adminneuquén@induser.com.ar - Tel/Fax: (54-0290) 448-3129
 Sede Chubut: comrv@induser.com.ar - Tel/Fax: (54-0297) 434-8267
 Sede Mendoza: mendoza@induser.com.ar - Tel/Fax: (54-0261) 424-1367
www.induser.com.ar



GRUPO INDUSER S.R.L.
 Confiable y Excelente

PROCOLO DE ANÁLISIS Q 211266

Fecha de recepción: 09/10/2015

Fecha de emisión: 10/11/2015

Cliente: Daniel Fernando González
 Dirección Fiscal: Anselmo Windharsen 288 Localidad: Comodoro Rivadavia (Chubut)
 Muestra Manifestada: EFLUENTE LIQUIDO - FECHA DE MUESTREO: 09/10/15

Cantidad: (1 MUESTRA)
 Tomada Remitida: Daniel Fernando González

Resultados

| Parámetro | Unidad | Valor Obtenido | Método |
|---|------------|----------------|--------------|
| Muestra: R1 - 1 | | | |
| Alcalinidad de Bicarbonato | mg/l | 305 | SM 2320 B |
| Alcalinidad de Carbonato | mg/l | 52,9 | SM 2320 B |
| Sulfato | mg/l | 14000 | SM 4110 B |
| Cloro Libre Residual (*) | mg/l | < 0,1 | SM 4500-Cl G |
| Sodio | mg/l | 6647 | ISO 14911 |
| Calcio | mg/l | 440 | ISO 14911 |
| Potasio | mg/l | 26,1 | ISO 14911 |
| Magnesio | mg/l | 1040 | ISO 14911 |
| D.B.O.5 (*) | mg/l | < 5,0 | SM 5210 B |
| D.Q.O. (*) | mg/l | 26,5 | SM 5220 D |
| Sustancias Solubles en Éter Etílico (*) | mg/l | < 5,0 | O.S.N. |
| Sólidos Sedimentables 10 min (*) | ml/l | 2,0 | SM 2540 F |
| Sólidos Sedimentables 2 h (*) | ml/l | 2,2 | SM 2540 F |
| Bacterias Aerobias Mesófilas (*) | UFC/ml | 180 | SM 9215 B |
| Bacterias Coliformos Totales (*) | NMP/100 ml | < 300 | SM 9221 B/C |
| Escherichia Coli (*) | /100 ml | Ausencia | SM 9221 B/F |
| Pseudomonas aeruginosa (*) | /100 ml | Ausencia | SM 9213 E |

Página 1 de 2

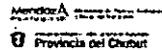
Los resultados consignados corresponden a las muestras recibidas o recibidas en su defecto. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la autorización expresa del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo, pasado este lapso se dará prioridad a las mismas según remisiones vigentes.

Laboratorio Central Caseros 1761 - C.P. 1332 - Lomas de Zamora (BS AS)

Fo-S 10-01-01

Rev:1

Fecha de vigencia: 05.07.05





Honorable Concejo Deliberante

ANTARTIDA ARGENTINA 336

(9001) RADA TILLY - CHUBUT

Art. 3º).- Fijar un plazo de 60 días a partir de la promulgación y notificación de la presente Ordenanza, para que aquellos vecinos que cuenten con conexiones clandestinas se impondan de la obligatoriedad de desconectarse en dicho plazo.

Art. 4º).- La Secretaría responsable del Area, establecerá los mecanismos y las sanciones para los infractores al reglamento.

Art. 5º).- Los gastos que demande la revisión de redes y la verificación de conexiones clandestinas, deberán ser imputadas a la Partida 2.2.16 Licitación 01/87 - Cloacas- del Presupuesto de Gastos y Recursos de la Corporación Municipal correspondiente al Ejercicio 1993.

Art. 6º).- Vencido el plazo estipulado en el Artículo 3º, autorízase al Departamento Ejecutivo Municipal, para que a través de las Secretarías correspondientes, se desconecten de oficio las instalaciones no autorizadas, corriendo el infractor con los costos que esto demande y las multas que correspondieren.

Art. 7º).- Registrar, Comunicarse y Cumplido ARCHIVASE.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL HONORABLE CONCEJO DELIBERANTE DE LA CORPORACION MUNICIPAL DE RADA TILLY, A LOS VEINTIDOS DIAS DEL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y CUATRO.

[Signature]
OSCAR BELTRAN
SECRETARIO GENERAL
Honorable Concejo Deliberante
Rada Tilly - Chubut

[Signature]
PRESIDENTE
Honorable Concejo Deliberante
Rada Tilly - Chubut

| | |
|-------------------------------|----------|
| HONORABLE CONCEJO DELIBERANTE | |
| SECRETARIA | |
| Expte. 195 | Letra |
| ENTRÓ | |
| Día | Día 23 |
| Mes | Mes Dic |
| Año | Año 1994 |

| | |
|-----------------------------|-------|
| MUNICIPALIDAD de RADA TILLY | |
| PLAN DE ENTRADAS Y SALIDAS | |
| NOT. Nº 23385 LETRA H | |
| LÍNEAS | |
| ENTRÓ | SALIÓ |
| DÍA 23 | DÍA |
| MES 12 | MES |
| AÑO 94 | AÑO |



Honorable Concejo Deliberante
 ANTARTIDA ARGENTINA 336
 (8001) RADA TILLY CHUBUT

1.029/94
 22/DICIEMBRE/1994

ORDENANZA

VISTO:

Las conexiones domiciliarias del sistema cloacal, y

CONSIDERANDO:

Que es necesario crear un reglamento único y general.

Que para la necesaria verificación de la red existente debe previamente asegurarse la inexistencia de conexiones clandestinas.

Que corresponde a la Corporación Municipal verificar que dichas conexiones se realicen de acuerdo a reglas que garanticen un adecuado control de los trabajos, para permitir en el futuro, evaluar, técnica, biológica y estadísticamente el comportamiento de la Planta de Tratamiento.

Que el tiempo transcurrido desde la ejecución de los trabajos, hace necesario una verificación para detectar obstrucciones o posibles conexiones clandestinas.

Que de verificarse anomalías, tales como conexiones no autorizadas u otras, corresponde además de la desconexión a la red, sancionarlas.

DE ELLO:

**EL HONORABLE CONCEJO DELIBERANTE DE RADA TILLY
 SANCIONA CON FUERZA DE
 ORDENANZA:**

Art. 1º).- A partir de la sanción de la presente norma, las conexiones al servicio de saneamiento de líquidos cloacales se realizarán de acuerdo a lo establecido en el anexo que forma parte de la presente.

Art. 2º).- La Secretaría de Obras Públicas, autorizará las conexiones a la Red Colectora una vez puesta en marcha la Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales, verificando previamente la adecuación de las instalaciones domiciliarias según lo indicado en el Anexo I de la presente Ordenanza.

///////

Mario A. Warynczak
 MARIO A. WARYNCZAK
 PRESIDENTE
 Concejo Deliberante
 Rada Tilly - Chubut

Uscar Zeltray
 USCAR ZELTRAY
 SECRETARIO
 Concejo Deliberante
 Rada Tilly - Chubut

