

LOS NITRATOS Y SU EVOLUCIÓN EN EL ACUIFERO QUE PROVEE DE AGUA POTABLE A GENERAL ACHA, LA PAMPA, ARGENTINA.

Carlos J. Schulz^{1 2}; Maria A. Fernández¹ & Eduardo C. Castro^{1 3}

RESUMEN - La localidad de General Acha, Provincia de La Pampa, se encuentra ubicada en un área con características semiáridas y el agua subterránea constituye la única fuente de abastecimiento posible. Resalta en consecuencia, la enorme importancia que este recurso adquiere para la vida y el desarrollo de la región. En el presente trabajo se determinó (utilizando la metodología de Lepeltier, 1969) el fondo geoquímico con un valor de 19.3 mg/l y un *threshold (t)* de 41,9 mg/l, valores éstos que estarían indicando ausencia de factores antrópicos en la concentración de nitratos del agua subterránea en el área de estudio.

En general, no se observa un patrón unitario de distribución de los nitratos, aunque habría una distribución media areal condicionada a las zonas geomorfológicas, como así también una correspondencia en el tiempo con los cloruros y los ciclos de lluvia.

Si bien en los datos observados, no se evidencia contaminación alguna de nitratos, el riesgo potencial de contaminación, fundamentalmente en el área de recarga, es sumamente alto ante cualquier actividad urbana, rural o industrial, la cual pondría en serio riesgo la calidad del agua del acuífero, debido a las características hidrogeológicas del mismo.

PALABRAS CLAVE: Nitrato, contaminación, La Pampa.

ABSTRAC

General Acha's Tourn, situated in La Pampa country, is located in an area with semi-arid characteristic and the underground water constitutes the only source of possible supply. It stands out in consequence, the enormous importance that resource has for life

¹ Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, 6300, La Pampa, Argentina.

² Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Lisandro de la Torre 1070, Río Gallegos Sta. Cruz.

³ Dirección Provincial del Agua, Olascoaga 540, Santa Rosa, 6300, La Pampa, Argentina

and development of the region. In this work, was determined (using Lepeltier methodology, 1969) He geochemistry no throw with a value of 19,3 mg/et and a threshold (t) of 41,9 mg/it values which indicate obscene of antrópicos factors in the nitrate concentration of the underground water in the studied area. In general, it's not observed an unitary pattern of distribution, although there would be a half area distribution conditioned to the areas geomorphologys and in time with chlorides and rain cycles.

Although in the observed data, a nitrate contamination is not evidenced, the potential risk of contamination, fundamentally in the recharge area, is extremely high in any urban, rural or industrial activity, which would pot a seriously risk in the aquifer water, due to the hydrogology characteristic of the same one.

INTRODUCCION

La ciudad de General Acha se encuentra ubicada en la región central de la Provincia de La Pampa, más precisamente en el límite de la región subhúmeda – semiárida donde la única fuente de provisión de agua potable es el recurso subterráneo, donde se utiliza un acuífero ubicado en el sector periurbano al Norte de la localidad.

En ese marco de importancia, es imprescindible conocer que dentro de los problemas ambientales que a menudo sufre una ciudad con respecto al consumo de recursos naturales, se encuentra el de la contaminación del suministro de agua potable. En general, dicha contaminación de las aguas subterráneas carece de un diagnóstico precoz, debido a las heterogeneidades inherentes al sistema subsuperficial y a que resulta difícil de detectar preventivamente, lo que implica como consecuencia que recién se la conoce cuando afecta a los abastecimientos, es decir, demasiado tarde. A menudo no se tiene en cuenta que estos procesos que conducen a la degradación de la calidad de las aguas y a la contaminación de los sistemas acuíferos, están retardados y enmascarados y son por lo general, procesos a largo plazo.

En función de lo manifestado y en vista de la importancia que revisten estos únicos abastecimientos de agua, es que debe justificarse la protección de acuíferos para prevenir el deterioro de su calidad.

De lo anterior, surge que la zona en estudio necesita de la utilización racional del agua a través de una gestión eficiente, integral y sostenible del recurso.

Como en muchas otras partes del mundo, la complejidad de los problemas relacionados con el agua crecen cotidianamente y los usos de ésta, así como los objetivos que se pretenden satisfacer, son múltiples y hacen que, si se tiene en cuenta la problemática ambiental, la toma de decisiones es aún más complicada.

Tanto la expansión de las actividades agrícolas-ganaderas como los asentamientos poblacionales han hecho que la demanda de agua haya crecido progresivamente en los últimos años, creado frecuentemente problemas en las empresas concesionarias de abastecimiento público.

El seguimiento en la calidad del agua subterránea ha sido objeto de numerosos estudios por diferentes autores, quienes han puesto énfasis, fundamentalmente en la contaminación derivada de las actividades antes mencionadas. Esta manifestación se ve reflejada principalmente por la presencia de nitratos en el agua.

Este trabajo pretende realizar una evaluación cuali y cuantitativa de la presencia de dicho anión en el acuífero que provee de agua a la localidad de General Acha, dado que las características hidrogeológicas del mismo lo hacen potencialmente vulnerable a la actividad humana.

MARCO GEOGRÁFICO

El área de estudio se encuentra ubicada en la región central del Valle Argentino, comprendida entre los paralelos 37° 10' y los 37° 27' de latitud sur y los meridianos 64° 45' y 64° 30' de longitud oeste (Fig. 1), con una superficie aproximada de 630 km².

El Valle Argentino presenta características geológicas muy particulares y disímiles desde un extremo a otro. En su parte más occidental, desde Chacharramendi hasta El Carancho, el basamento cristalino se encuentra a pocos metros de profundidad y en consecuencia el espesor del acuífero es somero y de poco interés hidrogeológico. Desde el paraje El Carancho hacia el este, el espesor sedimentario se hace mayor y por consiguiente su interés hidrogeológico aumenta.

La característica morfológica principal del área de estudio es la presencia de un cordón medanoso central que lo divide, conformando lateralmente dos sectores deprimidos, conocidos localmente como Valles de General Acha al Sur, y Valle de Utracán, al Norte. Ambos valles están parcialmente ocupados por un conjunto de lagunas que constituyen la descarga del cordón medanoso central, dependiendo sus características del estadio del ciclo hidrológico.

La geomorfología, litología y climatología son los factores condicionantes de la hidrogeología del valle (Fig.2). El sector arenoso central, que actúa como área de recarga, facilita la infiltración y comanda la distribución del recurso freático, buena parte del cual retorna a la atmósfera por las zonas de descarga. Es importante destacar que en este sector, con ciclos hidrológicos húmedos, el nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie o asciende por sobre ella, constituyendo un acceso directo a los desechos

orgánicos producidos por las diferentes actividades contaminantes.

La climatología es muy importante en este contexto, ya que de ella depende fundamentalmente la recarga del acuífero donde se ubican las trece perforaciones de explotación que abastecen de agua potable a la localidad.

Las precipitaciones promedio son de 476 mm anuales, con una temperatura media anual que oscila entre 14,1°C y 14,9°C. También es importante destacar la influencia del viento sobre los procesos de evaporación y la erosión. La velocidad promedio anual es de 10 a 11 km/h, prevaleciendo en sentido NNE y SSW, teniendo mayor importancia entre los meses de agosto y diciembre, mientras que en la época estival contribuye al aumento de la deficiencia hídrica aumentando los valores de evapotranspiración.

Con respecto a la caracterización hidrogeoquímica del agua subterránea podemos decir que, para el Valle Argentino, la clasificación de las muestras en facies hidroquímicas fueron realizadas siguiendo la metodología propuesta por Piper y Stiff. En función de ello se puede observar un 41,6% son Sulfatadas o Cloruradas Sódicas, un 45,8% son Sulfatadas o Cloruradas Mixtas y sólo el 16,6% son Bicarbonatadas Mixtas.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el área relevada posee recursos hídricos subterráneos adecuados para distintos usos en el ámbito rural, especialmente en aquellos sectores donde la cobertura arenosa genera condiciones favorables para la infiltración. Esta condición de marcado predominio de agua de buena calidad, se ve modificada por el desmejoramiento verificado en las zonas de descarga local. Los valores extremos, el promedio y el desvío estándar de algunas de las variables hidroquímicas se consignan en la tabla 1.

| | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estandar |
|------------------------|--------|----------|----------|---------------------|
| Residuo Seco | 255,00 | 5.930,00 | 1.364,70 | 1.279,85 |
| Cond. Eléctrica | 340,00 | 8.720,00 | 1.948,61 | 1.859,33 |
| Alcalinidad | 140,00 | 948,00 | 402,87 | 217,74 |
| Dureza | 92,00 | 2.088,00 | 398,40 | 442,85 |
| Cloruros | 35,00 | 3.452,00 | 509,78 | 713,10 |
| Sulfatos | 5,00 | 1.440,00 | 292,00 | 356,90 |
| Nitratos | 2,00 | 59,00 | 18,78 | 18,32 |
| Flúor | 0,00 | 3,00 | 1,13 | 0,87 |
| Arsénico | 0,00 | 1,00 | 0,04 | 0,21 |

Tabla 1. Parámetros estadísticos de algunas variables hidroquímicas.

Si se considera la calidad de las muestras para la ingesta humana, surge que el 22,7% presenta valores de residuo seco y sulfatos que exceden los límites recomendados (2.000 y 300 mg/l respectivamente), tratándose de las mismas muestras en ambos casos. La mitad de ellas superan también el límite para cloruros (700 mg/l).

Los contenidos de flúor y arsénico no constituyen una limitante de importancia, ya que únicamente en tres muestras se registran valores excedidos. Otras tantas se exceden en sus tenores de nitratos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La creciente y continua contaminación de las aguas subterráneas en áreas agrícola - ganaderas, como lo es la zona donde se desarrolla el presente estudio, es un fenómeno mundial que genera preocupación y en muchos países los recursos económicos destinados a la mitigación de los inconvenientes es superior aún a las rentas obtenidas de dichas tareas. De allí que el tema sea de relevancia.

Dado que se reconoce que una alta concentración de nitratos en el agua para la bebida tiene efectos nocivos para la salud (Druffus, 1983), la detección de un fenómeno de degradación en el agua permite modificar o corregir las causas del impacto.

Conviene citar en primer lugar, que el origen natural del nitrógeno en el suelo es fundamentalmente atmosférico y además producto de la degradación de la materia orgánica que lo contiene, contribuyendo también, aunque este aspecto no sea del todo relevante, el aporte de suelos antiguos con nitrógeno.

Su presencia, puede originarse también por la procedencia de la disolución de las

rocas o bien por oxidación bacteriana de las materias orgánicas, principalmente de las eliminadas por los animales. Ejemplos puntuales de este último caso se pueden observar claramente en algunos lugares de la zona de estudio relacionados con abrevaderos de ganado en cuadros con una carga animal excesiva.

Las fuentes de procedencia natural del nitrato en el suelo se deben al aporte de agua de lluvia, a fenómenos de nitrificación tales como paso de formas amoniacales a nítricas (proceso estrictamente bacteriano), y a fenómenos de nitratación (paso de formas nitrosas a nítricas en procesos estrictamente bacterianos).

En general, el aporte de nitrato derivado del agua de lluvia en condiciones naturales, frente a los demás términos de entrada del balance, no es significativo, pero no obstante ello, es importante tener en cuenta este aspecto para la zona que comprende el presente estudio, dada la correspondencia que existe entre los ciclos de lluvia y los contenidos de cloruros y nitratos en las aguas subterráneas.

Evidentemente, existen otras fuentes de aporte como las artificiales o que tiene que ver con la actividad antrópica, tales como fertilizantes, fugas de redes de saneamiento urbano, fosas sépticas y en menor grado los vertidos industriales, etc., manifestaciones éstas que no se consideran en el presente trabajo.

METODOLOGIA DEL TRABAJO.

La abundancia natural de nitrato en el agua subterránea (Cohenour y Knox, 1990; Langmiur, 1998), se define como fondo geoquímico o concentración natural (background) y este trabajo tiene como finalidad la determinación de su valor.

El fondo geoquímico representa la concentración de nitrato en el agua subterránea como consecuencia de procesos naturales y no como resultado de la actividad antrópica.

Se han considerado en esta circunstancia los datos relativos a la concentración de nitratos de 82 muestras, con una secuencia comprendida entre los años 1978 a 1999. El estudio básico se aborda mediante tratamiento estadístico independiente de cada conjunto anual de datos. Para cada uno de los años se han construido gráficos relativos a la distribución lognormal de las concentraciones de nitratos siguiendo el método de representar las frecuencias acumuladas de los intervalos correspondientes (Lepeltier, 1969).

El propósito principal de la construcción de curvas de frecuencia acumulativa para una población dada es chequear si se trata de una distribución lognormal, y si lo es, estimar gráficamente sus parámetros básicos: *background (b)* y *(t) threshold (umbral)*:

(b) da una idea de la concentración promedio de los elementos y se deduce a partir

del gráfico de frecuencia acumulada y corresponde a la concentración correspondiente al 50% de frecuencia acumulada.

(t) los valores iguales o mayores son considerados anómalos y se deduce en la gráfica como el valor correspondiente al 2,5% de la ordenada.

Asimismo se calcularon algunos parámetros estadísticos descriptivos de la concentración del anión nitrato; tales como valor medio, rango, desvío estándar, etc. Este análisis se llevó a cabo diferenciando las tres zonas geomorfológicas mencionadas, con el objeto de comparar los resultados y establecer la existencia o ausencia de relación entre las características físicas del medio y la concentración de nitrógeno.

Con respecto a la evolución y comportamiento en el tiempo, se analizaron los contenidos iones cloruros y nitrato con respecto a las precipitaciones. Esto permitió visualizar la correspondencia entre ellos.

Finalmente se realizó una caracterización química del agua de lluvia con el objeto de establecer su posible relación con el contenido de nitrato del agua subterránea.

DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN

El análisis estadístico de las concentraciones de nitratos indica la existencia de una población lognormal compleja, ya que la curva de frecuencias acumuladas (Fig. 3) está formada por dos trazos lo cual solamente está indicando una población heterogénea. Este diseño de la curva es una expresión de un exceso de valores bajos en la distribución población lognormal compleja, ya que la curva de frecuencias acumuladas (Fig. 3) está formada por dos trazos lo cual solamente está indicando una población heterogénea. Este diseño de la curva es una expresión de un exceso de valores bajos en la distribución

| <i>Límite de intervalos</i> | Nitratos NO₃⁻(mg/l) | | <i>Frec.acumulada(%)</i> |
|-----------------------------|--|----------------------|--------------------------|
| | <i>Frecuencia(n)</i> | <i>Frecuencia(%)</i> | |
| 0.90-1.17 | 6 | 6.316 | 100 |
| 1.17-1.48 | - | - | |
| 1.48-1.86 | - | - | |
| 1.86-2.34 | 7 | 7.368 | 96.3 |
| 2.34-2.95 | - | - | |
| 2.95-3.70 | 14 | 14.737 | 90.1 |
| 3.70-4.60 | 2 | 2.105 | 77.8 |
| 4.60-5.80 | 2 | 2.105 | 74.1 |
| 5.80-7.40 | 6 | 6.316 | 71.6 |
| 7.40-9.30 | 7 | 7.368 | 65.4 |
| 9.30-11.7 | 6 | 6.316 | 58.0 |
| 11.7-14.7 | 6 | 6.316 | 50.6 |
| 14.7-18.6 | 15 | 15.789 | 40.7 |
| 18.6-23.4 | 2 | 2.105 | 30.8 |
| 23.4-29.5 | 7 | 7.368 | 25.9 |
| 29.5-37.1 | 13 | 13.684 | 14.1 |
| 37.1-46.7 | 2 | 2.105 | 2.5 |

Tabla 2. Límites de las clases elegidas en escala logarítmica

población lognormal compleja, ya que la curva de frecuencias acumuladas (Fig. 3) está formada por dos trazos lo cual solamente esta indicando una población heterogénea. Este diseño de la curva es una expresión de un exceso de valores bajos en la distribución principal de la línea de distribución.

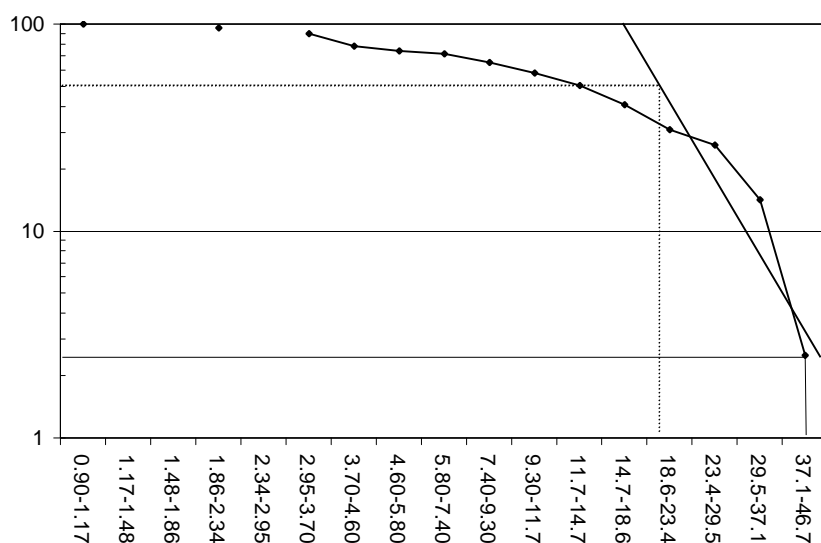


Fig. 3. Curva de frecuencia acumulada

El 50% de la frecuencia acumulada determina un fondo geoquímico de 19.3 mg/l y el citado valor de *threshold (t)* de 41,9 mg/l (corresponde al 2,5% de la ordenada), lo que nos permite asegurar que concentraciones mayores a dicho valor podrían considerarse motivadas por causas no naturales.

VARIACIÓN CON EL TIEMPO.

Para el cálculo de esta variable se tomaron valores de dos pozos de producción (P1 y P2) que proveen de agua potable a la localidad de Gral. Acha, ubicados en la zona de recarga del acuífero, durante el periodo 1978-1999. Para el pozo de explotación N° 1 los valores de nitratos varían entre un máximo de 14 mg/l y un mínimo de 3 mg/l con un valor medio de 7,5 mg/l. Para el pozo de explotación N°2, los valores de nitrato varían entre un máximo de 11 mg/l y un mínimo de 3 mg/l, con una media de 3 mg/l.

Surge, como puede observarse, que no existen variaciones significativas como para atribuir las a fenómenos relacionados a la actividad orgánicas, pero si se observa una pequeña tendencia que acompaña a los ciclos de lluvias y una correspondencia en el comportamiento con el ion cloruro (Fig.4).

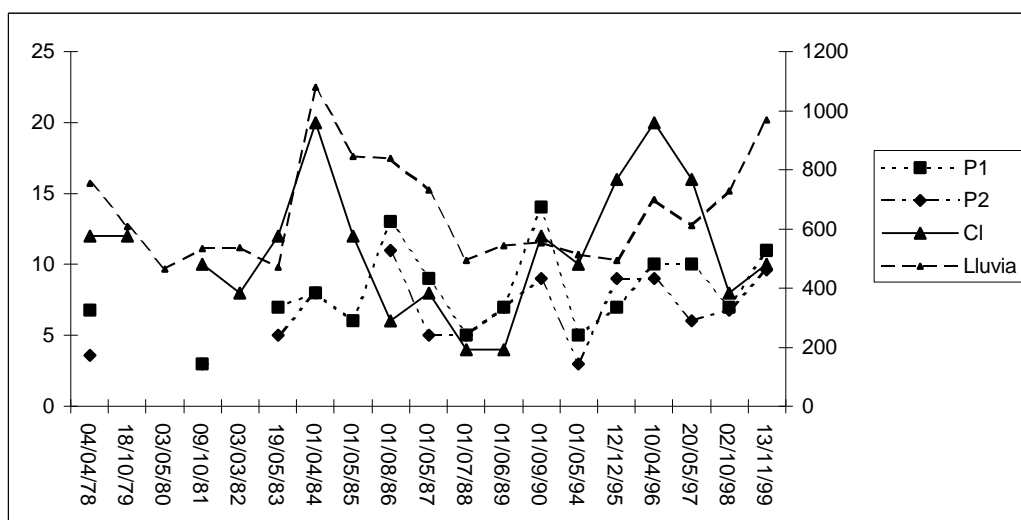


Fig. 4. Evolución en el tiempo

VARIACIÓN EN EL ESPACIO.

No se observa una gran variación en el espacio como para catalogarla de anomalía natural, no obstante ello hay una diferenciación en las tres áreas hidrogeológicas consideradas con respecto a algunas variables estadísticas, como se observa en la siguiente tabla.

En base a las variables estadísticas analizadas se puede concluir que los valores correspondientes a la media, mediana, desvío estándar y desvío promedio disminuyen desde las áreas de terraza hacia las zonas de descarga. Esto se debería fundamentalmente a la carencia de actividad orgánica y al inexistente desarrollo del suelo,

| Parámetro estadístico | Terraza | Area Recarga | Area Descarga |
|-----------------------|---------|--------------|---------------|
| Media | 17.64 | 12.44 | 8.78 |
| Mediana | 17 | 9 | 5 |
| Moda | 11 | 3 | 3 |
| Desvío Estándar | 12.36 | 10.61 | 10.14 |
| Rango | 37 | 38 | 31 |
| Mínimo | 1 | 1 | 1 |
| Máximo | 38 | 39 | 32 |
| Cantidad | 39 | 29 | 14 |
| Desvío Promedio | 10.48 | 8.56 | 7.55 |

Tabla3. Variables estadísticas de las tres áreas hidrogeológicas

acompañados de un nivel freático subsuperficial que caracterizan estas áreas de descarga.

En contraposición, en la zona de terraza donde los cultivos y la vegetación adquieren mayor significación, observamos que el aporte de nitratos por las lluvias es menos significativa y en su mayoría es aportado por la actividad orgánica presente debido a un mejor desarrollo de los suelos.

Por último, en la zona de recarga se observan valores intermedios, lo que indicaría que actúan los dos procesos anteriormente descriptos.

Por otra parte, comparando la distribución del contenido de nitrato y la morfología de la zona, surge una anárquica distribución de los picos máximos que se encuentran heterogeneamente distribuidos en la zona de estudio, no respetando un patron uniforme en las áreas geomorfológicas antes mencionadas.

CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA DEL AGUA DE LLUVIA.

Tal como se ha manifestado en la introducción de la presente memoria, la ciudad de General Acha se encuentra ubicada en el límite de la región subhúmeda – semiárida. En consecuencia, las precipitaciones pluviales resultan de capital importancia y constituyen el único medio en la recarga del acuífero. Su consideración adquiere relevancia, máxime si se tiene en cuenta además los efectos de la dilución y lixiviación en el perfil no saturado, además de una recarga directa debido a la existencia de una cubierta arenosa

de significativa importancia.

A partir del muestreo de agua de lluvia se calcularon distintas relaciones ionicas entre los parámetros analizados, cuyos datos se pueden observar en la tabla 4.

Los análisis físico-químicos efectuados de muestras recolectadas en el Paraje Padre Buodo, situado a unos 30 Km al este de la zona de estudio en los últimos dos años, muestran valores de nitratos que oscilan entre 3,2 mg/l y 5,2 mg/l con una media aritmética de 4 mg/l. Este aspecto se cree es de singular relevancia, puesto que si observamos los valores medios de aporte de nitratos por agua de lluvia a la zona de estudio, teniendo en cuenta las tres características hidrogeológicas tratadas, observamos que aportan casi el 23% del nitrato existente en las terrazas, un 33 % para el área de recarga y un 45 % para la zona de descarga.

La mayor influencia del contenido de nitrato en agua de lluvia se evidencia en el área de

| PADRE BUODO | | | | | | | | |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Fecha | Abr. 98 | May. 98 | Jun. 98 | Jul. 98 | Ago. 98 | Set. 98 | Feb. 99 | MAR |
| R.S.(ppm) | 10 | 7 | 10 | 30 | 40 | 15 | 26 | |
| r Na | 0.1462 | 0.1329 | 0.0189 | 0.2296 | 0.0206 | 0.0095 | 0.0460 | |
| r K | 0.0075 | 0.0075 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0100 | 0.0050 | 0.0075 | |
| r Ca | 0.0235 | 0.0210 | 0.0860 | 0.1465 | 0.4385 | 0.0890 | 0.1280 | |
| r Mg | 0.0213 | 0.0180 | 0.0853 | 0.1451 | 0.4362 | 0.0886 | 0.1271 | |
| r Cl | 0.0168 | 0.0056 | 0.0196 | 0.0448 | 0.0504 | 0.0884 | 0.0392 | |
| r SO ₄ | 0.0210 | 0.0210 | 0.0210 | 0.0004 | 0.0210 | 0.0210 | 0.0420 | |
| r CO ₃ H | 0.0784 | 0.0944 | 0.0944 | 0.1984 | 0.2720 | 0.1088 | 0.1408 | |
| r NO ₃ | 0.0048 | 0.0032 | 0.0032 | 0.0032 | 0.0064 | 0.0032 | 0.0048 | |
| r Mg/Ca | 0.9000 | 0.8570 | 0.9920 | 0.9905 | 0.9947 | 0.9955 | 0.9929 | 5.2400 |
| r K/Na | 0.0513 | 0.0564 | 0.2645 | 0.0217 | 0.4854 | 0.5263 | 0.1630 | 0.0210 |
| r Cl/CO ₃ H | 0.2143 | 0.5932 | 0.2076 | 0.2258 | 0.1853 | 0.8125 | 0.2784 | 221 |
| r SO ₄ /Cl | 1.2500 | 3.7500 | 1.0700 | 0.0090 | 0.4200 | 0.2300 | 1.7000 | 0.1020 |
| r Na/Mg | 6.8639 | 7.3833 | 0.2216 | 1.5824 | 0.0472 | 0.1072 | 0.3619 | |

Tabla 4. Relaciones iónicas del agua de lluvia

descarga, debido indudablemente, a la carencia de actividad orgánica y al inexistente desarrollo del suelo acompañado con un nivel freático casi en superficie. Es decir que las lluvias aportan mas de 45 % del nitrato existente.

En la hidrogeología, la composición química del agua de lluvia no suele tener un peso específico importante debido a su acidez, o por ser o poder ser una fuente solutos relativamente importante en el balance del sistema. Para la zona de estudio, en cambio si creemos que es importante, dada las características geográficas donde está ubicada.

Las relaciones ionicas estudiadas reflejan un claro origen continental de las precipitaciones totales. De acuerdo a estos conceptos los posibles equilibrios ionicos son:

todo el cloruro se equilibra con el sodio restante, y el potasio y el bicarbonato con el calcio y el magnesio. El valor de estos equilibrios es muy dependiente del área de muestreo y de las características meteorológicas y geológicas del entorno.

En cuanto a las relaciones iónicas estudiadas podemos decir que

r Mg/Ca: relativamente bajos y muy constantes.

r K/Na: existe una variación entre 0.5263 y 0.0513

r Cl/CO₃H: relativamente bajos y muy variables, entre 0.1853 y 0.8125.

r SO₄/Cl: muy variables y en algunos casos significativamente más altos que el agua de mar.

Los contenidos del ion nitrato en las aguas de lluvia son excesivamente discrepantes y, aunque dado la corta serie muestreada, los valores promedio obtenidos no son tan discrepantes con otros recolectados en áreas similares.

| | R.S | r Na | r K | r Ca | r Mg | r Cl | r SO ₄ | r CO ₃ H | r NO ₃ |
|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Meq/l. | - | 0.0086 | 0.0068 | 0.1332 | 0.1317 | 0.0378 | 0.0216 | 0.1410 | 0.0041 |
| Mg/l | 19.7 | 5 | 0.3 | 2.6 | 1.7 | 1.4 | 1.0 | 8.8 | 0.3 |

Tabla 5. Valores promedio de la serie

En algunas de las referencias consultadas (Guimerá, 1992, tesis doctoral) menciona concentraciones de nitratos para agua de lluvia en Lituania entre 2 y 5 ppm., para Irlanda valores similares entre 2 y 4 ppm. Ambos trabajos son estudios de impacto de las actividades agrícolas en el agua subterránea. En Europa Central las concentraciones varían entre 10 y 15 mg/l.

En nuestro país no se han encontrados series de valores estadísticos representativos. Para la zona de la cuenca del Napostá Grande (Bonorino, Albuy, Lexow y Carrica, 1999) mencionan concentraciones entre 0,5 y 3 mg/l.

En el área de estudio no se han registrado antecedentes de composición química del agua de lluvia. Ante esta situación se realizó una campaña entre abril de 1998 y febrero de 1999 que arrojaron valores que oscilan entre 3.2 y 5.2 mg/l, aunque para Octubre de 1998 existe una concentración de 17 mg/l, valor considerado anómalo, siendo difícil explicar las variaciones encontradas en la corta serie.

No parece haber correlación alguna con el índice rSO₄/Cl que podría ser un indicador de contaminación en casos extremos, ni tampoco parece ser que un almacenamiento deficiente de la muestra pueda cambiar la composición de las fases

nitrogenadas inorgánicas, dada la presencia poco sistemática de los nitritos (Guimerá, 1992).

Por lo antes expuesto y, dado que el punto de muestro se encuentra en una zona agrícola-ganadera, pueda existir accidentalmente una contaminación en algunas de las muestras derivadas de las tareas antes mencionadas.

CONCLUSIONES

El valor umbral determinado en el presente trabajo parece indicar un origen natural del nitrato en el agua subterránea y por lo tanto no se observan evidencias de contaminación difusa provenientes de otras actividades.

Si bien en general no se observa un patrón unitario de distribución de los nitratos, habría una distribución media areal condicionada a las áreas geomorfológicas, como así también una correspondencia en el tiempo con los cloruros y los ciclos de lluvia.

El aporte de nitratos a partir del agua de lluvia, podría considerarse significativo para la zona de descarga, de mediana significación para las áreas de recarga y poco significativa para las terrazas.

La dilución de los nitratos provenientes de la recarga en tránsito por parte del flujo subterráneo, se debería a cambios espaciales en la edafización del suelo y en consecuencia a diferentes contenidos de materia orgánica que pasan a nitrógeno mineralizado, posteriormente lixiviado y transportado en profundidad.

Si bien en los datos observados, no se evidencia contaminación alguna de nitratos, el riesgo potencial de contaminación, fundamentalmente en el área de recarga, es sumamente alto ante cualquier actividad urbana, rural o industrial, la cual pondría en serio riesgo la calidad del agua del acuífero, debido a las características hidrogeológicas del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

Bonorino, G, R.Albouy, C. Lexow Y J.Carrica., 1999. Nitratos en el acuífero de la zona periserrana de las Sierras Australes. II Congreso Argentino de Hidrogeología.IV Seminario Hispano Argentino sobre temas actuales de hidrología Subterránea. Ed. A. Tineo. Serie de Correlación Geológica - Conicet. Pag. 231-240. Santa Fé. Argentina.

Castro, E. y J.O. Tullio, 1990. Acuífero Valle Argentino (Síntesis Preliminar). Administración Provincial del Agua, Santa Rosa (Inédito).

Druffus, J.H., 1983. Toxicología Ambiental. Edic. Omega, Barcelona. 173 pp.

- Guimerá Solá, J.**, 1992. Análisis experimental de los procesos de flujo y comportamiento del Nitrato en la zona no saturada y su influencia en el agua subterránea. Tesis Doctoral. UPC.Barcelona. España.
- Lepeltier, C.**, 1969. A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Economic geology*. Vol 64:5358-550.
- Ocaña Robles. L, S.N.Plá y C.Ruíz Celás**, 1981. La problemática de los contenidos de nitratos en las aguas subterráneas de la llanura de Manchega. Actas de las Jornadas sobre Análisis y Evolución de la Contaminación de las Aguas Subterráneas de España. Curso Internacional de Hidrología Subterránea. T. 1, pp. 113/118. Barcelona. España.
- Schulz, C., G. Bonorino, L. Vives y P. Dornes**, 1997. Estudio de Planificación y Gestión de los Recursos Hídricos del Valle Argentino, Provincia de La Pampa. Congreso Nacional de Hidrogeología, Actas: 403-414, Bahía Blanca.
- Schulz, C.J., P. F. Dornes, L.S. Vives y A.G. Bonorino**, 1998a. Caracterización hidrogeológica del acuífero detrítico del Valle Argentino, La Pampa, Argentina, con énfasis en el estudio de la recarga. 4º Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, Vol. 3:1457-1467, Montevideo.
- Schulz, C., A. Oleaga, P. Dornes y F. Pacheco**, 1998b. Evaluación y gestión de los recursos hídricos subterráneos para abastecimiento de agua a la ciudad de General Acha, La Pampa, Argentina. 4º Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, Vol. 1:486-499, Montevideo.

