

## **CONTAMINACION POR NITRATOS DEL ACUIFERO FREATICO EN LA CUENCA MARTIN - CARNAVAL (PARTIDO DE LA PLATA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES)**

*Lic. Hernández, Mario Alberto(\*)*

*Lic. Minghinelli, Leonardo Fabio(\*\*)*

### **RESUMEN**

Esta investigación incluye parte de un estudio hidrogeológico mayor del acuífero freático en la cuenca de los arroyos Martín y Carnaval (Partido de La Plata), y está referida a los tenores de nitratos presentes en dicho sistema. En dos sectores pudo comprobarse la existencia de concentraciones que superan el límite de 45 ppm recomendado para aguas de consumo humano por la Organización Mundial de la Salud (OMS) año 1984. En uno de esos sectores el origen estaría dado por la aplicación no-controlada de fertilizantes nitrogenados, en tanto que para el otro caso, la principal causa posiblemente esté relacionada a la nitrificación de excretas humanas.

Se han detectado además, contenidos anómalos de los iones nitrito y amonio. Sumado a estos problemas, el pequeño gradiente de la superficie

---

(\*) *Cátedra de Hidrogeología Univ. Nac. de La Plata - CONICET*

(\*\*) *Cátedra de Hidrogeología Univ. Nac. de La Plata - CIC*

del agua freática contribuye a la estabilidad y persistencia de los compuestos nitrogenados. Es necesario un estricto control de estos iones en el agua subterránea, ya que los mismos están íntimamente ligados a la salud humana.

### ABSTRACT

#### NITRATE POLLUTION OF THE PHREATIC AQUIFER IN MARTÍN-CARNAVAL BASIN (LA PLATA DISTRICT, BUENOS AIRES PROVINCE)

This investigation includes one part of the comprehensive hydrogeologic survey of the unconfined shallow aquifer in the Martín-Carnaval basin (La Plata district). It deals with nitrate concentrations in that system. Two sectors have shown concentrations that exceed the World Health Organization (WHO) recommended limit for drinking water (1984). In one of these sectors, the source would be ascribable to the non-controlled use of nitrogen fertilizers. In the other case, the main cause is likely the nitrification of nitrogen excreted by humans. Anomalous contents of nitrites and ammonium have also been detected. In addition to these problems, the small phreatic groundwater slope contributes to the stability and persistence of nitrogen components. A strict control of these ions in groundwater is necessary, because is intimately related to human health.

### INTRODUCCION

En todas aquellas regiones donde se detecten tenores elevados de nitratos  $[\text{NO}_3^-]$  en aguas subterráneas para consumo humano, deben intensificarse las investigaciones, debido a que dicho componente está ligado negativamente a la salud humana.

Recientemente, la Organización Mundial para la Salud (OMS) ha recomendado el valor de 50 ppm de  $[\text{NO}_3^-]$  como límite tolerable máximo para aguas de bebida, concentración relacionada con la formación de **metahemoglobina** en los glóbulos rojos, como consecuencia del pasaje de  $[\text{NO}_3^-]$  a nitritos  $[\text{NO}_2^-]$  a partir de la acción bacteriana en el tracto intestinal (Van Dijk-Looyard & Montizaan, 1990\*).

Para el presente trabajo, se tuvo en cuenta el antiguo límite de 45 ppm de la OMS (1984), coincidente con aquel dado por Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires (1974).

El consumo continuo de aguas ricas en nitratos está asociado a graves enfermedades, como lo muestra el siguiente cuadro:

Enfermedad	Mecanismo de formación	Autor
Cáncer de estómago	Reacción de $[\text{NO}_2^-]$ con aminas en la dieta, formando nitrosaminas carcinógenas	Siddigi et al. (1992)* Forman (1989 y 1991)*
Cáncer de esófago	Idem anterior	Idem anterior
Diabetes	?	Kostraba (1992)*
Metahemoglobinemia	Pasaje de $[\text{NO}_3^-]$ a $[\text{NO}_2^-]$ , con reducción de $[\text{O}_2]$ en la sangre	Varios

\* En CHETTRI, M. y G. SMITH (1995)

Una vez que los componentes nitrogenados llegan al agua subterránea tienden a permanecer por un largo tiempo. Si la fuente generadora (natural o antropogénica) sigue funcionando, la propensión es a la acumulación. Si a ello se suma una muy baja movilidad del agua subterránea, por condiciones de reducida permeabilidad y/o escaso gradiente, el fenómeno puede acentuarse.

Si el origen es antrópico (polución), y el derrame se efectúa en superficie, normalmente el acuífero más vulnerable es el freático. De acuerdo a las condiciones hidrogeológicas reinantes, los acuíferos más profundos podrán o no ser afectados. La contaminación por compuestos nitrogenados puede tener variadas procedencias, como se verá más adelante.

Desde hace unos años, casi toda la extensión de las localidades de City Bell y Villa Elisa, situadas en la cuenca Martín-Carnaval, cuentan con una red domiciliar de agua y un sistema cloacal. Sin embargo, no todos sus habitantes están conectados a ellas, por lo que junto con el resto de la población de la comarca, consumen agua de pozos, fundamentalmente del sistema hidrogeológico freático - "Pampeano" y utilizan pozos negros para eliminar sus excretas.

## UBICACION DEL AREA Y CARACTERISTICAS GENERALES

La cuenca alta-media de los arroyos Martín-Carnaval (área que abarca la investigación) tiene una superficie de 90,7 Km<sup>2</sup> y es tributaria del río De La Plata. Está comprendida entre los paralelos de 34° 50' 15" y 34° 59' 20" de Latitud Sur y los meridianos de 58° 02' y 58° 10' 05" de Longitud Oeste. Las poblaciones más importantes, City Bell y Villa Elisa, están ubicadas al norte, en tanto que otras más pequeñas como Arturo Seguí, Los Porteños, Colonia Urquiza, Colonia Las Banderitas, Estancia Chica y

Abasto, forman parte del sector Sur, comarca mayoritariamente rural y cuya actividad principal es la agricultura, que tuvo sus orígenes en la región 100 años atrás .

Se halla dentro de la "Pampa Ondulada", siendo su clima sub-húmedo / húmedo, con temperatura y precipitaciones medias anuales de 16°C y 1028 mm respectivamente.

## HIDROGEOLOGIA E HIDRODINAMICA

Existen en la región tres acuíferos, "Epipelche", "Puelche" e "Hipopuelche" (Sala, 1972). El primero, que interesa a los fines de este trabajo , está localizado en sedimentos "pleisto-holocenos" o "pampeanos-postpampeanos", y se halla dividido en dos unidades, una superior o freática de una potencia de 10-15 metros y una inferior o "acuífero Pampeano" de hasta 25 metros de espesor, separadas por sedimentos de permeabilidad algo inferior a las mismas. Resulta casi imposible diferenciarlas con criterios hidrodinámicos e hidroquímicos, por lo cual son consideradas en este estudio como una única entidad.

La zona de recarga principal se ubica en la divisoria con el río Samborombón, al Sudoeste. Todos los interfluvios intracuencales representan zonas de recarga secundaria. La descarga subterránea natural es hacia el río De La Plata, directamente o a través del flujo de base de los arroyos.

En casi toda la cuenca, el acuífero freático es influente respecto a las aguas superficiales, con excepción de las cabeceras de los arroyos en donde esta relación se invertiría, por lo menos durante una parte del año.

El gradiente de la superficie freática es menor a 0,2% en el sentido general de flujo, alcanzando extremos de 1% en las denominadas "zonas de pendiente".

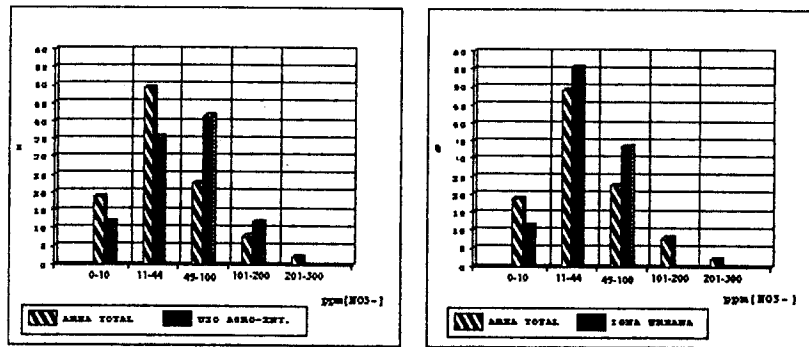
## HIDROQUIMICA

Las aguas freáticas son en su mayoría bicarbonatadas sódicas y secundariamente bicarbonatadas magnésicas y bicarbonatadas cálcicas. Los  $[\text{NO}_3^-]$  constituyen un ión principal, apareciendo naturalmente en el acuífero más superficial en cantidades importantes. La mayoría de las muestras poseen entre 11 y 44 ppm, con un valor medio de 40 ppm. Se realizaron dos histogramas (figura 1) que muestran su distribución porcentual en el área total de la cuenca, contraponiéndose estos valores a aquellos encontrados en la zona urbana y en la totalidad de las parcelas utilizadas para agricultura intensiva.

Del primero se deduce que en esta última más del 40% de las muestras superan el límite de 45 ppm, y un 12% tiene tenores inquietantes, mayores a 100 ppm, con una media de 50 ppm.

En los sectores urbanos, la distribución de  $[\text{NO}_3^-]$  coincide bastante con la correspondiente al área total, con una media de 38 ppm. Pero si se consideran por separado los asentamientos de Villa Elisa y City Bell, se obtienen valores medios de 50 y 24 ppm respectivamente, lo que señala una fuente antropogénica en el primer caso.

Figura 1



En la figura 2 (Mapa de contenidos de  $[\text{NO}_3^-]$ ), aparecen las 2 porciones que poseen tenores de  $[\text{NO}_3^-]$  que exceden las 45 ppm. Una de ellas coincide con la población de Villa Elisa y ocupa 9 Km<sup>2</sup>, en tanto que la otra se corresponde en gran medida con parcelas rurales dedicadas a la agricultura intensiva (12 Km<sup>2</sup>).

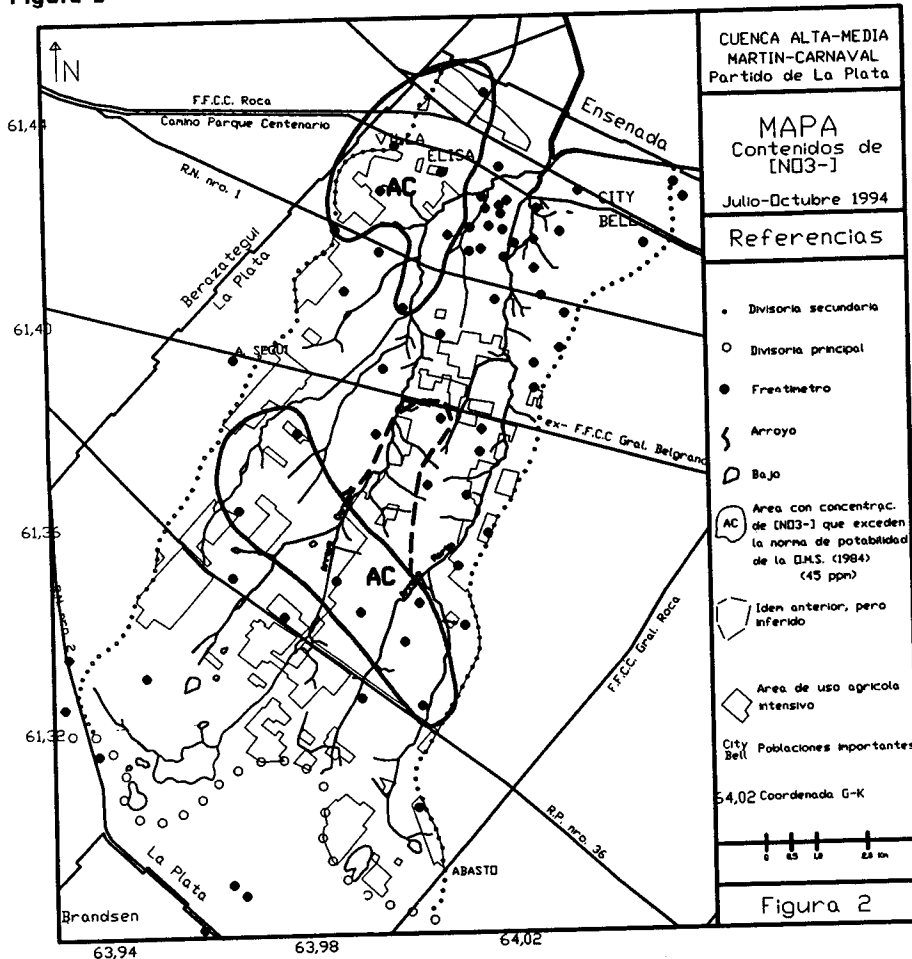
Es importante en todo análisis de comportamiento del ión  $[\text{NO}_3^-]$  el momento de muestreo, ya que posee una alta sensibilidad al efecto causado por las precipitaciones, fundamentalmente dilución. Algunos pozos se han analizado en varios momentos del año, encontrándose variaciones de hasta 50-60 ppm. La figura 2 fue confeccionada con análisis de muestras tomadas en primavera, estación que constituiría un estado intermedio entre la mayor concentración (verano) y la mayor dilución (invierno).

La concentración de los  $[\text{NO}_2^-]$  es mucho menor que la de los  $[\text{NO}_3^-]$ , y la distribución se muestra como más irregular, teniendo únicamente una parte del sector superior de la cuenca con valores dominantes inferiores a 0,1 ppm. Si bien la presencia de tenores altos (excedentes en varias veces al máximo recomendado) refleja de por sí la existencia de contaminación (agrícola o biogénica "sensu estricto"), su ocurrencia no es detectable

de forma tan directa como en el caso de los  $[\text{NO}_3^-]$  por tratarse de una forma reducida. Se vincula entonces más al estado del potencial Eh en el acuífero que a la fuente; dicho de otra forma, más al vector que a la sustancia o su fuente. Inclusive, la geometría de la zona no-saturada influye en la dinámica del ión, especialmente en términos de su espesor y oportunidad de reducción.

Compuestos como amoníaco  $[\text{NH}_3]$  y amonio  $[\text{NH}_4^+]$ , dada su volatilidad, han resultado poco convenientes como indicadores de contaminación, reflejando más el estado de la muestra que del acuífero. A modo de comentario pueden citarse tenores de  $[\text{NH}_4^+]$  de hasta 30 ppm.

Figura 2



## PROCEDENCIA

Existe una tendencia generalizada al incremento en las concentraciones de  $[\text{NO}_3^-]$  en función del tiempo, atribuyéndose generalmente a la carencia de saneamiento básico en zonas urbanas o periurbanas o a la utilización de abonos nitrogenados en la agricultura [sulfato de amonio, urea, nitrato de calcio, amoníaco líquido, agua amoniacal, complejos NPK, etc.]. En este caso se da una convergencia de ambos factores, pero en definitiva se trata de un problema netamente ambiental- antropogénico.

Es lícito entonces, utilizar la presencia de materia nitrogenada (en especial  $[\text{NO}_3^-]$ ) como un indicador primario de contaminación, ya sea biogénica o agrícola.

En una amplia faja ubicada en el deslinde aproximado de los sectores alto y medio de la cuenca (aguas abajo de la Ruta Provincial N° 36) aparecen concentraciones de  $[\text{NO}_3^-]$ , mayores a 45 ppm con un máximo de 91 ppm. Es precisamente esa zona la de mayor actividad flori - hortícola y por ende, la de uso de los abonos químicos nitrogenados (alrededores de Colonia Urquiza, Colonia La Banderita, Estancia Chica) por lo cual la relación entre los tenores registrados en exceso y la aplicación de fertilizantes surge de manera directa .

En cambio, la otra zona de valores elevados no se sitúa en un dominio agro-intensivo como la anterior, sino en el casco urbano de la localidad de Villa Elisa donde un sector de la población posee cloacas desde hace muy poco tiempo y el restante carece de sistema de evacuación de excretas. Es aquí donde quedaría evidenciado el origen biogénico de los excesos, con extremos de 107 ppm y 123 ppm.

En el primer caso, se trataría de un tipo de contaminación multipuntual a areal originada en el manejo por sobredosis de los abonos, con la potenciación que el riego impone a la movilidad de los componentes nitrogenados pese a diluirllos. En el segundo, sería un modo de contaminación que puede ocurrir en forma difusa (ya que se trata de sectores poblados o semipoblados que en bloque carecen de cloacas o las poseen recientemente) a multipuntual en algunos casos periféricos.

Frecuentemente la polución del agua subterránea queda evidenciada por una pluma o penacho de contaminación, cuyo eje mayor coincide con el sentido general de flujo. En parte, esta situación se da en Villa Elisa. En la comarca rural la mayor elongación de la pluma poluente no concuerda con la dirección general del escurrimiento subterráneo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

\* Se han distinguido en la cuenca dos fuentes principales: una de carácter agrícola en el sector superior, coincidente con el fuerte uso de

abonos nitrogenados (hasta 91 ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>); otra de tipo biogénico en el sector inferior (Villa Elisa) donde no existen servicios cloacales o son de reciente data ( hasta 123 ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ).

\* La contaminación hallada no se limitaría a la cuenca estudiada, sino que se extendería al resto del partido, especialmente a todo el cinturón florihortícola y a los principales centros urbanos.

\* La implicancia de los [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] en la salud humana no se limita al consumo directo de agua. El hervido de vegetales incrementa la concentración de [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>]; de la misma manera, el agua hervida para distintos usos favorece el mismo efecto. A su vez, existen vegetales concentradores de [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] ( lechuga, espinaca y ají ). En particular, los ajíes contienen altas cantidades de aminos, las que al reaccionar con los [NO<sub>2</sub><sup>-</sup>] forman nitrosaminas carcinógenas (Siddigi et al., en Chettri y Smith op. cit.). Estas últimas cuestiones se tornan más importantes si se tiene en cuenta que las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada, con una población que en conjunto llega a 700.000 personas, consumen las verduras cultivadas en el cinturón hortícola del partido de La Plata, del cual forman parte Colonia Urquiza, Colonia Las Banderitas, Los Porteños, Estancia Chica y Abasto.

Se hacen algunas **recomendaciones**, relacionadas a los componentes nitrogenados del agua subterránea, que son mostradas en el siguiente cuadro:

<b>Sector agro-intensivo</b>	<b>Sectores urbanos</b>
- Control de la cantidad e intervalo de aplicación de fertilizantes	- Extensión de la red cloacal a toda la superficie urbanizada
- Optimización de las prácticas agronómicas, fundamentalmente aquella referidas al riego	- Mantenimiento y mejoramiento del sistema cloacal actual
- Charlas y cursos de capacitación para productores agrícolas, referidos a los dos ítems anteriores	- Planeamiento urbano futuro, priorizando las zonas con mayor espesor de la zona no-saturada, respecto a aquellas donde el agua subterránea está próxima a la superficie, para la ubicación de nuevos asentamientos urbanos
- Creación de nuevas leyes (más severas) y/o aplicación de leyes vigentes que regulen el uso de fertilizantes y plaguicidas	- Cambio de cámaras sépticas en lugar de pozos negros, con limpieza y desagotes continuos, para aquellas zonas sin servicio cloacal



## **BIBLIOGRAFIA**

**CHETTRI, M. y G. SMITH (1995): "NITRATE POLLUTION IN GROUNDWATER IN SELECTED DISTRICTS OF NEPAL". Hydrogeology Journal, vol. 3, nº 1, pp. 71-76.**

**MINGHINELLI, L. (1995): "GEOHIDROLOGIA AMBIENTAL DEL ACUIFERO FREATICO EN LAS CUENCAS DE LOS ARROYOS MARTIN Y CARNAVAL (PARTIDO DE LA PLATA). EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL Y CARGA CONTAMINANTE". Informe Final Beca de Estudio CIC (Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Bs. As.). 193 pp. La Plata.**

**SALA, J. (1972): "CUENCAS INTERMEDIAS ENTRE EL ARROYO JIMÉNEZ Y EL ARROYO DEL GATO" en CONTRIBUCION AL ESTUDIO GEOHIDROLOGICO DEL NORESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. CFI Serie Técnica N° 24, pp. 109-116. La Plata.**