

---

# *AGUA: USO Y MANEJO SUSTENTABLE*

Seminario Internacional  
Asociación de Universidades  
Grupo Montevideo



**LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POR  
NITRATOS EN ÁREAS PERIURBANAS. CASO EJEMPLO  
EN CUENCAS  
PRÓXIMAS A LA CIUDAD DE LA PLATA, ARGENTINA.**

*Nilda González\* y Mario A. Hernández\*\*  
Cátedra de Hidrogeología  
Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad Nacional de La Plata (Argentina)*

**Introducción**

Los compuestos del Nitrógeno ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}$ ) solubles en las aguas subterráneas, fueron considerados hasta la primera mitad del siglo como componentes minoritarios u oligoelementos, dentro de la clasificación hidroquímica clásica o formal.

En los últimos, tiempos ese criterio ha variado tanto que, al menos los nitratos, son tomados como componentes mayoritarios. Esto obedece a la tendencia universal al incremento en la concentración de este anión a causa de diversos factores, la mayor parte de ellos vinculados con la acción antrópica

Es una característica observada en muchas regiones, la tendencia a tenores altos de nitratos (y nitritos) en áreas periurbanas y, especialmente, en los acuíferos freáticos o semilibres.

La Organización Mundial de la Salud (WHO) ha establecido un máximo tolerable de 50 ppm de  $\text{NO}_3^-$  en reemplazo de los 45 ppm vigentes hasta 1984. En la Argentina, se utiliza en general un valor máximo recomendable de 45 ppm, y el de 90 ppm como máximo tolerable.

Los efectos de la ingesta de aguas subterráneas con excesos de  $\text{NO}$  son graves e incluyen la metahemoglobinemia

\* Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

\*\* Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

( al pasar a  $\text{NO}_2^-$  con reducción de la concentración del  $\text{O}_2$  en la sangre) cáncer de estómago o esófago (por formación de nitrosaminas a expensas de los nitritos y aminos de la dieta) y otras afecciones.

Como ejemplo de la contaminación por nitrógeno en áreas periurbanas, se acude a los resultados parciales de una investigación geohidrológica llevada a cabo en la cuenca de los arroyos Martín y Carnaval, situados en la periferia de la Ciudad de La Plata.

La investigación está radicada en la Cátedra de Hidrogeología de la Universidad Nacional de La Plata y, originalmente, fue desarrollada por el Lic. Fabio Minghinelli, habiendo sido comunicados sus primeros resultados en el II Seminario Hispano-Argentino sobre temas actuales de Hidrología Subterránea (Hernández y Minghinelli, 1995).

### **Caracterización del área**

La Ciudad de La Plata, capital de la Provincia de Buenos Aires, se halla situada próxima a la ribera del Río de La Plata, a 60 Km de la Ciudad de Buenos Aires. Su población alcanza a los 540.000 habitantes, 208.000 de los cuales moran en el ejido urbano propiamente dicho con una densidad de 8.320 habitantes/ $\text{km}^2$ . El resto lo hace en la zona periférica, con una densidad de 42 h/ $\text{Km}^2$  ya que el total del distrito abarca 940  $\text{Km}^2$ , en núcleos urbanos periféricos y en el sector rural (Figura 1).

La comarca muestra un paisaje suavemente ondulado, con pendientes topográficas que no superan el valor de 3.10-3, dirigidas hacia el Río de La Plata. El régimen climático es típicamente sub-húmedo húmedo, con precipitaciones medias de 1028 mm/año y excesos hídricos del orden de 236 mm/año. La media termométrica está en el orden de los 16°C.

\* Sobre original de Minghinelli, L.F.

## *La contaminación de aguas subterráneas por nitratos en áreas periurbanas*

El servicio público tiene carácter mixto, provisto por aguas tratadas provenientes del Río de La Plata y por perforaciones que captan un acuífero semiconfinado (acuífero «Puelche») ubicado a unos 50m de profundidad promedio, siendo la primera ciudad de Argentina en ser abastecida por red a expensas de los recursos subterráneos.

No obstante, existe un alto porcentaje de la población que no dispone de servicio de agua corriente (34%) ni red cloacal (63%), fundamentalmente radicado en sectores periféricos.

Tal es el caso de las poblaciones situadas en el extremo Norte del Partido de La Plata, en el ámbito físico de la cuenca de los Arroyos Martín y Carnaval (City Bell, Villa Elisa, Abasto, Arturo Segui).

Es este sector, precisamente, el que ha sido tomado como escenario de una investigación amplia, de carácter geoambiental, donde se incluyen aspectos edafológicos, geomorfológicos, geológicos y geohidrológicos y, dentro de estos últimos especialmente referidos a la Zona No-Saturada y acuífero freático.

### **Hidrodinámica e hidroquímica**

El esquema hidrogeológico se compone de un conjunto multiunitario compuesto por el acuífero freático (hasta 10-15m de espesor), otro semilibre alojado en limos pleistocenos, conocido como «Pampeano» (potencia 20-25m) y el ya mencionado semiconfinado, apoyando el conjunto sobre un paquete arcilloso (Formación Paraná) que sirve de techo a otro acuífero de aguas salinas. Estas arcillas son asumidas como hidroapoyo del sistema descripto.

Los acuíferos mencionados están relacionados por fenómenos de filtración vertical, que, en el caso de la cuenca objeto, es fundamentalmente descendente, con el acuífero freático como generador de la recarga de los restantes.

### *Agua: uso y manejo sustentable*

El acuífero freático muestra en la cuenca un comportamiento típicamente influente respecto al escurrimiento superficial, representado éste por los arroyos Martín y Carnaval y tributarios, de escaso caudal y una superficie de cuenca del orden de los 90.7 Km<sup>2</sup>. El gradiente medio es de, aproximadamente, 0,002 y la velocidad efectiva de flujo del orden de 0.1 m/día (Hernández y Minghinelli, *op cit*).

La recarga se produce de forma autóctona directa en toda el área, preferentemente en los sectores interfluviales. La descarga principal ocurre hacia la planicie aluvial del Río de La Plata, directamente o como caudal básico a través de los cursos de agua superficial.

Las aguas freáticas son, en general, de baja salinidad (800-1000 ppm), con extremos inferior a 400 ppm y mayores a 2000 ppm, incrementándose hacia la planicie aluvial del río. El tipo iónico predominante es bicarbonatado-sódico, variando hasta clorurado sódico en el sentido más arriba indicado. Ocasionalmente, aparecen algunas muestras de tipo bicarbonatado-magnesiano y bicarbonatado-cálcico.

El agua de los demás acuíferos componentes del sistema es también de baja salinidad, aunque con una tendencia al incremento en profundidad y, al igual que la capa freática, hacia la zona de descarga principal (Río de La Plata).

### **Ocurrencia de los nitratos**

Existe en las aguas del acuífero freático la presencia de las formas más comunes del Nitrógeno, aunque con un claro predominio de los nitratos, objeto de este análisis. Los nitritos no superan, en general, 0.1 ppm y el amonio se halla también en tenores bajos (máximo de 45 ppm).

Desde 1994, se está realizando un seguimiento estacional de las concentraciones de nitratos, dentro de un Programa de investigación geohidrológica y

ambiental de la Zona No-Saturada y capa freática, que incluye el análisis secuente de 50 muestras. Como parte de la misma, pudo determinarse la existencia de tenores importantes en muchos sectores de las cuencas, dentro de una media de 42 ppm, bastante próxima al límite establecido por la WHO. Un 40% de las muestras registra contenidos que exceden dicho umbral (Hernández & Minghinelli, *op cit*).

La localización de los máximos principales es bastante clara y se mantiene durante el tiempo (figura 2) incluyendo el último muestreo de invierno de 1996. Se presentan en un sector situado aguas abajo en la zona de Villa Elisa y con forma elongada en otro ubicado en la porción alta. Se reconoce también un máximo secundario en el ángulo Sudeste, en coincidencia con la localidad de Abasto.

En el primer caso se alcanzan valores máximos del orden de 125 ppm, en el segundo en general sobre las 100 ppm, con un extremo puntual de 374 ppm y en el tercero en el orden de las 70 ppm.

Lógicamente, los diferentes momentos del muestreo corroboraron la alta sensibilidad de los nitratos a los pulsos de la recarga, advirtiéndose mayores concentraciones en épocas de estiaje y una franca dilución con posterioridad a los eventos lluviosos principales cuando suceden con cierta continuidad. Se han hallado variaciones estacionales del orden del 40% de las concentraciones individuales máximas de acuerdo a la época, coincidiendo los tenores más altos con los muestreos del año 1996, al menos hasta la primavera, cuando se está en presencia de lluvias por debajo de los valores medios habituales.

Esta ocurrencia está en directa relación con la actividad socioeconómica de esta comarca periurbana, donde predomina el asentamiento poblacional y la actividad agrointensiva (hortícola y florícola), con una subordinada participación de la ganadería de criadero y la industria.

En el primer caso, la población urbana alcanza a unos 40.000 habitantes, principalmente residentes en

*Agua: uso y manejo sustentable*

City Bell, Villa Elisa y Abasto con una tendencia al crecimiento poblacional periférico. Estos núcleos poblacionales cuentan con servicios de saneamiento básico en su sector central pero carecen de ellos en la periferia, especialmente las localidades de Villa Elisa y Abasto.

La consecuencia es, por una parte, el uso de «pozos negros» como destino de las excretas domésticas, fuente reconocida de materia nitrogenada, con fácil acceso de los líquidos al acuífero freático; por otra, la utilización del propio acuífero y su contiguo Pampeano para el abasto individual, al tratarse de población de escasos recursos.

En las zonas de actividad agrootensiva con población dispersa, es habitual el empleo de fertilizantes a base de nitrógeno (Urea, Nitrato de Amonio, Sulfato de Amonio, complejos NPK) sin mayor dosificación, ya que la limitante habitual suele ser el precio de los productos. Se practica también en esta actividad el riego complementario, de baja a media eficiencia (por surcos o aspersión).

Respecto a la ganadería de criadero, se trata de cerdos, aves de corral y especies de valor pilífero. La industria radicada es de baja densidad, generalmente de los rubros químico, metalúrgico y alimentación.

Se han determinado dos orígenes fundamentales para las altas concentraciones de nitratos. El primero de ellos, típicamente biogénico, es el de la carencia de servicios de saneamiento básico, correspondiente al área de máximos de Villa Elisa ya que coincide casi exactamente con los sectores sin red cloacal o de muy reciente instalación. También pertenecería a esta génesis el máximo secundario ubicado en el sector Sudeste, a expensas de la falta de sistemas de evacuación cloacal en los alrededores de la localidad de Abasto.

La materia nitrogenada accede directamente al acuífero freático por medio de los pozos negros, algunos de los cuales interesan al acuífero.

Al uso de fertilizantes nitrogenados se adjudica el otro máximo principal, emplazado en el corazón de la

actividad flori-hortícola (Colonia Urquiza, Las Banderritas). Sin embargo, se hallan en esta área manifestaciones puntuales de excesos (374 ppm) que corresponden a criaderos de aves, es decir, también de origen biogénico.

Entre ambos orígenes, claramente identificables espacialmente como queda dicho, existe una diferencia que permite ratificar su identidad: mientras que en los sectores periurbanos la variación en las concentraciones está en relación con los aportes pluviales, en el área agrícola responden también a la aplicación de riego, resultando por tanto más uniformes y hasta con picos que no corresponden a la dinámica de recarga pluvial.

Además, los nitratos agrogénicos acceden con mucha facilidad a los acuíferos inferiores, no ya por la dinámica natural de transferencia de agua subterránea, sino por la habitual falta de protección de los pozos para riego (carentes, en general, de entubamiento o aislación de capas).

### **Discusión y recomendaciones**

El hecho de situarse gran parte de la cuenca en posición aguas arriba respecto a la localización urbana (local y la propia ciudad de La Plata), hace posible que, con el tiempo, los nitratos puedan acceder a la zona de captación de aguas a partir del acuífero semiconfinado Puelche. Si bien Auge (1995) no encuentra excesos vinculables a la actividad agrointensiva periférica, ello no significa su ausencia, sino quizá que aún no se manifiesta en razón de la lentitud del flujo subterráneo y de los grandes caudales en los cuales se diluyen.

Pero es necesario tener en cuenta que sí existen tenores altos en La Plata vinculados a los propios defectos en los colectores cloacales de la ciudad.

Por otra parte, y al margen de las oscilaciones en los contenidos, vinculadas al régimen pluvial y/o de regadío, puede reconocerse sin dificultad una tendencia muy evidente al incremento de los  $\text{NO}_3$  en el

acuífero freático, por otra parte generador de la recarga regional de los otros.

La mitigación de los efectos en las áreas periurbanas está directamente vinculada con la ampliación de los servicios de saneamiento básico, de manera que median-do una decisión política y los medios económicos sufi-cientes, puede con el tiempo reducirse.

Más complejo resulta tratar de contener u ordenar el problema en las áreas rurales, porque involucra de por sí un aspecto netamente cultural. Sus componentes son:

- a. Falta de conocimiento por parte de los agricultores de las dosis recomendables de fertilizantes nitrogenados a emplear y también de los efectos perjudiciales para su propia familia;
- b. Déficit total en la aplicación de la legislación (existe una Ley Provincial de agroquímicos);
- c. Carencia de normativas acerca de la protección sanitaria de los pozos (para riego y uso humano);
- d. Falta de información en el agricultor acerca de los problemas derivados de las perforaciones mal construidas, de modo que el criterio de resolución es exclusivamente económico;
- e. Ausencia de políticas gubernamentales respecto a los problemas antedichos, siquiera los vinculados con la educación ambiental. La única acción visible parte de las Organizaciones No-Gubernamentales y las Universidades; y
- f. Tampoco existen líneas de crédito o aliento fiscal que apunten a la solución de estos temas. Las existentes son netamente productivistas.

La problemática expuesta puede ser reconocida con facilidad por los participantes del Seminario, porque de acuerdo a la experiencia de los autores es realidad en todos los países de la región, con las excepciones del caso.

No se avizoran otras soluciones que las devenidas de un Programa de desarrollo sostenible de los recursos hídricos subterráneos, que debería plantearse y

*La contaminación de aguas subterráneas por nitratos en áreas periurbanas*

ponerse en práctica oportunamente, es decir, antes de que sea demasiado tarde. El costo social y económico de las ulteriores puede ser inmenso, mucho más elevado que el que significaría la puesta en práctica de dicho programa.

Pero de no tomarse la iniciativa por parte de las autoridades, el tiempo que transcurrirá hasta que, por medio de las ONG's, el medio universitario y los comunicadores sociales, la población logre el nivel crítico de educación ambiental como para reclamar con conocimiento de causa por sus derechos a un medio ambiente sano, puede ser tan grande que medien situaciones críticas o hasta que comiencen a experimentarse colapsos en las fuentes de provisión.

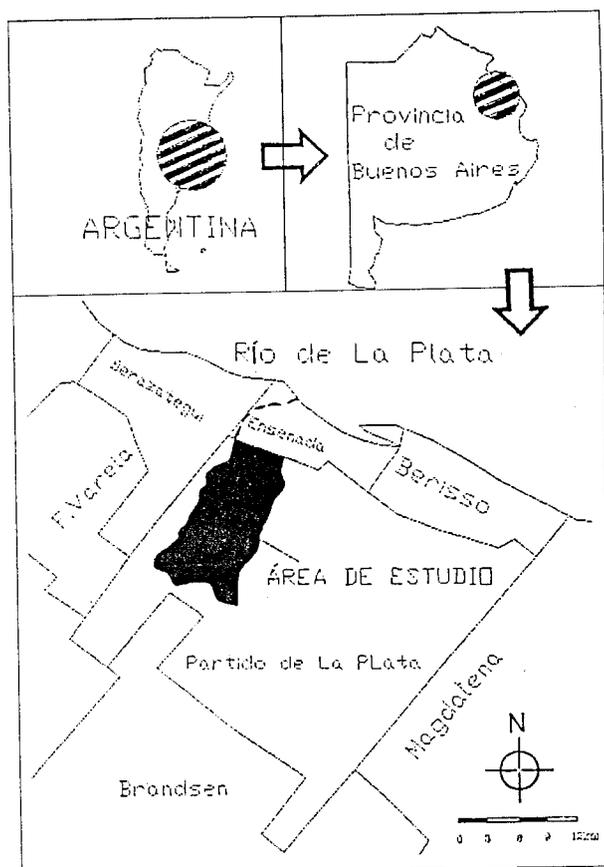


Figura 1

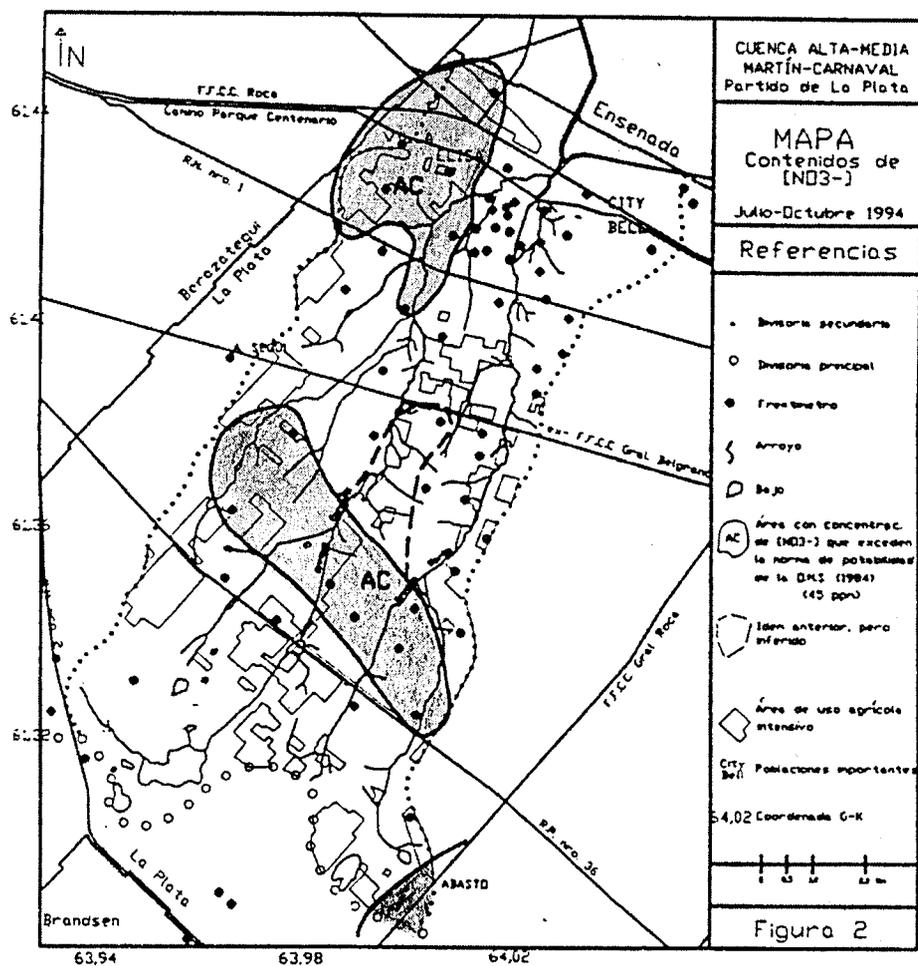


Figura 2

### **Bibliografía principalmente consultada**

AGOSBA (1991) «Calidad de las aguas en la formación moderna de la cuenca del Río Santiago». AGOSBA. La Plata.

Auge, M.P. (1995) «Manejo del agua subterránea en La Plata-Argentina». Convenio UBA-IDRC, T. I-III. La Plata.

González, N. (1991) «Conflicto entre actividades humanas y el uso del agua en grandes conglomerados urbanos. Caso ejemplo: Gran Buenos Aires, Argentina». Latinoamérica. Medio Ambiente y Desarrollo. IEIMA, Col. Encuentros No 8, pp. 185-190. Buenos Aires.

Hernández, M.A. & Minghinelli, L.F. (1995) «Contaminación por nitratos del acuífero freático en la cuenca Martín-Carnaval (partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires)». II Seminario Hispano-Arg. sobre Temas Act. en Hidrol. Subt.. Univ. Nac. de Tucumán (en prensa). S.M. de Tucumán.

Hernández, M.A., A.V. Ruiz de Galarreta y L.F. Minghinelli (1994) «Reconocimiento de la Zona No-Saturada y características ambientales del acuífero freático en la cuenca de los arroyos Martín-Carnaval. Provincia de Buenos Aires, Argentina. Metodología». II Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea ALHSUD, Y:55-66, Santiago de Chile.