

PROTECCION A LA CONTAMINACION DEL ACUIFERO DEL PALEODELTA CENTRAL, CHACO-PARAGUAY

Fernando A. Larroza⁽¹⁾, Sandra Fariña L.⁽¹⁾ & Uriel Duarte⁽³⁾

(1) Postgraduando en la Universidad de San Pablo (USP)
E-mail: Gchaco@quanta.com.py

(2) Profesor Dr. del Instituto de Geociencias de la Universidad de San Pablo (USP). Brasil.
E-mail: urduarte@usp.br

Resumen: En las pequeñas comunidades dispersas de zonas rurales del Chaco, debido a la escasa población y pocas industrias, la contaminación del agua no es todavía preocupante, sin embargo en los centros urbanos con mas de 3.000 habitantes como ser en las colonias menonitas ya tienen contaminación puntual de nitrato y coliformes reportados en pozos.

Debido a ello se delimitaron áreas de protección del agua subterránea para el acuífero somero en áreas piloto (Filadelfia, Neuland y Loma Plata), y se correlacionaron para obtener protecciones adecuadas para el **paleodelta central**, con el propósito de prevenir la propagación más amplia de la contaminación de dicho acuífero.

Actualmente parte de las recomendaciones presentadas a las autoridades locales como resultado de las investigaciones ya estan siendo aplicadas de acuerdo a las prioridades en los centros urbanos rurales.

1. Introducción

El agua subterránea es un valioso y a menudo irrecuperable recurso dependiendo del tipo de contaminación del mismo, principalmente en regiones semi-áridas, como en éste caso, teniendo una precipitación media de 800 mm/año y una evapotranspiración potencial de 1.300 mm/año, con temperatura anual promedio de 25° C. El relieve es típico de una planicie cuaternaria, o sea plano localmente no presenta elevaciones, se encuentra a 129 m.s.n.m (Loma Plata).

El presente trabajo esta basado en estudios realizados en áreas urbanas localizadas en el Chaco Central, en las colonias menonitas: Filadelfia-Loma Plata y Neuland), con 500 pozos someros cadastrados (con análisis físico-químicos en su mayoría y bacteriológicos -gérmenes totales y coliformes- y elementos trazos en pozos selectos).

2. Geología

La geología regional corresponde a un ambiente deposicional fluvial y de reposición fluvio-eólico producto de la erosión de la Cordillera de los Andes del Pleistoceno Sup. y Holoceno del Cuaternario. (Kruck, 1.996).

Geomorfológicamente los sedimentos cuaternarios corresponden al paleodelta del río Pilcomayo de tipo continental que se formó en la fase húmeda de Tauca entre 12.500 – 8.500 años BP. El paleodelta se divide en tres áreas, (Larroza & Mollat, 1997) (Fig. 1):

- Paleodelta norte;
 - Paleodelta sur;
 - Paleodelta Central, el cual es el área de interés, cuenta con divisiones según su litología y vegetación. Las unidades representativas son:
- Paleocauces tipo espartillar divididos en tipos de vegetación pura de espartillar y suelo arenoso, con espartillar y arbustos, con suelo limo-arenoso.
 - Monte: dividido en monte denso y monte abierto con suelos arcillosos.

3. Recursos Hídricos

El único recurso de agua subterránea potable del Chaco Central lo constituyen las lentes o bolsones de agua dulce a salobre, regionalmente el acuífero frático es salado (10.000 – 50.000 μ hos/cm), pero en áreas donde se practica la recarga artificial y donde existen depresiones las aguas son dulces (1.000 μ hos/cm) a salobres. (1.000 – 10.000 μ hos/cm), los caudales de los pozos son bajos < 3 m³/dia, debido a baja eficiencia del acuífero somero. Los bolsones de agua dulce se forman por recarga artificial de agua de lluvia, colectada en tajamares con fondo permeable percolando así hasta el acuífero produciéndose una autodepuración natural.

Otra fuente de agua potable en el área representa la recolección de agua de lluvia por los techos (mayormente de chapas de zinc), el agua de lluvia via caños de bajada se almacena en aljibes (reservorios) estos poseen mayormente >20 m³ de capacidad. La población en épocas de sequía utiliza estos aljibes para almacenar agua subterránea, la cual se comercializa a 1 U\$S el m³.

4. Vulnerabilidad del Acuífero a la Contaminación del Agua Subterránea

La vulnerabilidad de contaminación de un acuífero representa la sensibilidad de éste a ser afectado por una carga contaminante impuesta. Para ello una metodología empírica (Foster, 1987), fue propuesta para la evaluación de la vulnerabilidad, utilizándose tres elementos: grado de confinamiento del acuífero-litología del estrato suprayacente y profundidad del nivel del agua subterránea. Estos elementos nos proporcionan el **Índice de Vulnerabilidad del Acuífero**: bajo, moderado y alto, - éste método es conocido como Sistema **GOD**.

Características del acuífero:

- Grado de confinamiento: acuífero libre.
- Material suprayacente: 1. arena fluvial-eólica, 2 loess, 3 arcilla.
- Profundidad del nivel de agua: 5 –10 m.b.s (metros base suelo).

El acuífero libre está compuesto por arenas fluviales y limos presentando un grado de vulnerabilidad moderado a alto, esto último especialmente en períodos de lluvias en donde el nivel estático asciende.

El mapa de vulnerabilidad de la contaminación del sistema acuífero, es el resultado del producto correspondiente a cada uno de los parámetros considerados.

4.1 Carga Contaminante y Riesgos a la Contaminación

La carga contaminante depende del uso de la tierra del área, que es aplicable sobre el ambiente superficial como resultado de las actividades humanas.

En la Tabla 1., se presenta la clasificación cualitativa de la carga contaminante, considerando diferentes actividades, como ser agrícolas, irrigación, actividades urbanas y otras.

Una combinación entre vulnerabilidad del acuífero y carga contaminante, establece el grado de **riesgo a la contaminación** (Tabla 2).

La determinación de áreas de riesgo a la contaminación es una base como indicador para determinar las áreas de prioridad a ser protegidas.

La contaminación en las colonias menonitas son del tipo puntual derivada de contaminación bacteriológica (coliformes totales) y química (nitrato) las cuales son debidas al impacto del desarrollo urbano sobre el recurso del agua subterránea. No existe otro tipo de contaminación debido que no existen industrias que manejan sustancias tóxicas o evacúan basuras tóxicas, comprobado por los bajos valores de elementos trazos.

Protección del Sistema Acuífero Paleocauce: principios

Esencialmente la protección del agua subterránea consiste en la prevención del deterioro a la cantidad y la calidad de agua subterránea

Esto implica que la protección del agua subterránea consiste en una integración a nivel nacional, regional y local. la investigación del estado de las aguas subterráneas, juega un papel vital dentro de la estructura de la protección del agua subterránea, como ser la evaluación de los recursos aprovechables, su vulnerabilidad y la carga actual de polución, estos estudios son necesarios para el efectivo planeamiento, manejo y control.

El monitoreo es necesario, no solo para la investigación, sino también para evaluar la efectividad de las medidas de protección implantadas.

5. Clasificación de Areas de Protección según su Prioridad

Las áreas de protección fueron establecidas mediante estudios hidrogeológicos en áreas urbanas pilotos ya mencionadas que pueden ser aplicados a otras áreas con características hidrogeológicas semejantes, como el caso del Paleodelta Central (Fig. 1).

En referencia a las áreas de protección, se pueden distinguir tres categorías con sus respectivas exigencias de protección, ver Tabla 3.

6. Conclusiones

En forma regional el paleodelta central (Sistema acuífero paleocauce) se restringiría a la clasificación de segunda prioridad, tornándose de primera con el asentamiento urbano sobre el paleocauce y la instalación de industrias y uso de la tierra. En forma local los acuíferos de las áreas pilotos (Filadelfia, Loma Plata) presentan tres tipos de prioridades para su protección: primera, segunda y de baja prioridad. Excepto Neuland que tiene áreas de primera y segunda prioridad, por ser zonas donde se puede practicar recarga artificial.

Las aguas subterráneas deben ser protegidas de la deteriorización a corto y largo plazo, combinando los resultados de las

investigaciones hidrogeológicas con procedimientos legales para tornarse efectivo, seleccionando áreas segun su prioridad y reglamentando su uso.

El monitoreo del sistema acuífero es necesario, no solo para la investigación, sino tambien para evaluar la efectividad de las medidas de protección implementadas.

Todo esto mecanismo no seria eficiente si la autoridades con poder de decisión (en nuestro caso gobernación y municipalidad) no implementan y controlan dichos procedimientos.

En la fecha, parte de las recomendaciones presentadas a las autoridades locales como resultados de estas investigaciones ya estan siendo aplicadas de acuerdo a las prioridades en los centros urbanos.

Un factor muy importante, para alcanzar el exito, radica en la divulgación de los resultados de las investigación y la implementación de la educación a la población sobre el tema polución y contaminación.

6. Referencias bibliográficas

- Fariña L., S., Paredes, J.L., & Centurión, C.I.R., (1997). **Estudios para la Contaminación Areal en la Zona Urbana de Neu-Halbstadt (Neuland). Protección Recomendaciones. Chaco/Paraguay.** Informe Técnico No.23. (DRH) (BGR) Filadelfia-Paraguay.
- Fekry, A. & Smidt, E., (1.996). **Groundwater Protection in Egypt: Recent Developments and Future Applications.** IHP-V – Technical Documents in Hydrology Nº 1 – UNESCO Cairo Office. Pág. 93-112.
- Foster, Stephen & Hirata, Ricardo, (1991). **Determinacion del Riesgo de Contaminacion de Aguas CEPIS (WHO/PAHO).** 2ª Edición Lima-Perú, 82 p.
- Godoy, E & von Hoyer, M., (1995). **Vulnerabilidad y Riesgo a la Contaminación del Sistema Acuífero de Filadelfia/Chaco-Paraguay.** Memorias del 2do. Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. 20 al 24 Nov. 1995. San Lorenzo-Paraguay, p. 175-188.
- Kruck, W. (1996). **Pleistoceno Superior y Holoceno del Chaco Paraguayo.** Memorias del XII Congreso Geologico de Bolivia – Tarija. p. 1217-1220.
- Larroza F. A. & Mollat . (1997). **Uso de los Sensores Remotos Aplicados a la Búsqueda de Aguas Subterráneas Someras en el Paleodelta Continental del Chaco Paraguayo.** XII Simposio Latinoamericano de Sensoriamento Remoto. Mérida – Venezuela.
- Larroza, F.A. & Centurión, C.I.R. (1996). **Resultados de las Investigaciones Hidrogeológicas e Hidroquímicas Realizadas en el Area Urbana de Loma Plata Chaco/Paraguay. Recomendaciones para la Protección del Agua Subterránea.** Informe Técnico No.18. (DRH) / (BGR)-Filadelfia-Paraguay.

Tabla 1: Clasificación de Cargas Contaminantes

Fuente	Contaminante	Carga Contaminante
Aguas residuales drenadas en canales abiertos sobre suelos arenoso y cerca del nivel de agua subterránea	Bacteria NO ₃ y NH ₄	Alto
Aguas residuales drenadas en canales abiertos en parte cortando capas de arcilla	Bacteria NO ₃ y NH ₄	Medio
Desechos de aguas residuales en pozos negros o tanques sépticos en suelos arcillosos	Bacteria NO ₃ y NH ₄	Bajo
Desechos de aguas residuales en tanques sépticos en suelos arenosos y a profundidad menor que 5 metros.	Bacteria NO ₃ y NH ₄	Medio
Agricultura: cosechas que requieren altas cantidades de nitrato (trigo y maíz)	NO ₃	Medio
Agricultura: cosechas que requieren media a baja cantidades de nitrato	NO ₃	Bajo
Irrigación: con aguas residuales tratadas: primer tratamiento	NO ₃ y metales pesados	Alta
Areas industriales de gran escala	Metales pesados, compuestos Orgánicos y oil.	Alta
Areas de cementerios en suelos arenosos y cerca del nivel del agua subterránea	Bacteria NO ₃ y NH ₄ Productos químicos de terapia	Alta
Areas de cementerios en suelos arcillosos	Bacteria NO ₃ y NH ₄ Productos químicos de terapia	Bajo

Fuente: Fekry , A & Smidt, E , 1.996, (modificado por los autores).

Tabla 2: Matriz de Riesgo de Contaminación

	Carga Contaminante		
	Baja	Media	Alta
Vulnerabilidad	Baja	Bajo	Medio
	Media	Bajo	Alto
	Alta	Medio	Alto

Fuente: Fekry, A & Smidt, E, 1.996

Tabla 3. Medidas que deben ser adoptadas para la protección de las aguas subterráneas según su prioridad.

Áreas de protección de primera prioridad (Áreas con lente de agua dulce utilizadas para abastecimiento de viviendas, industrias, hospital, hoteles; áreas con niveles de agua cerca de la superficie; áreas de alta y moderada vulnerabilidad).
a- Basuras y efluentes domésticos
1. Las basuras sólidas no deben ser vertidas en lotes particulares.
2. La Junta Municipal debe establecer un reglamento que prohíba dicha práctica.
3. Mantener un servicio de recolección de basura extensivo y total.

4. Una idea sería la clasificación de basuras hechas por los propietarios: en tambores cortados por la mitad y con diferentes colores.

- verde: sustancias orgánicas (restos de comida, ramas de árboles, etc.);
- azul: material reciclable (papel, cartón, medera, ropa en deshuso, vidrio, metal)
- rojo: material tóxico: (envases de insecticidas, pilas o baterías, pinturas, aceites).

5. Suprimir las letrinas con pozos negros abiertos.

6. Implementar letrinas con pozos sellados (de mampostería, hormigón) y ser vaciados por camiones cisternas.

7. Para construcción de nuevos edificios exigir el sistema de instalación sanitaria de dos pozos sépticos separados:

- un depósito séptico sin desagüero para recibir los efluentes de los inodoros, para poder ser vaciados por un servicio de camión tanque;
- un depósito séptico con desagüero para recibir las aguas residuales de los baños, cocina, lavandería, limpiando el sieno (fango) solamente cuando sea necesario.

b- Basuras y efluentes industriales

1. Las basuras sólidas tienen que ser recogidas en contenedores en el local y transportarla luego a l basurero comunal. Además se deben separar la recolección y destino de basuras tóxicas.

2. Suspender la actual práctica de evacuar los efluentes líquidos en el subsuelo (estaciones para lavados de vehículos, chiqueros, mataderos, planta láctea, panadería) o mediante su drenaje en depósitos sépticos "abiertos" (carnicerías) deberían ser suspendidas.

Se proponen las siguientes medidas:

- Construcción de depósitos sépticos con desagüero para efluentes que no contengan sustancias tóxicas o contaminantes para el agua subterránea (panadería-carnicería). Evacuación de sedimentos acumulados por un servicio con camión tanque.

. En propiedades industriales con grandes cantidades de efluentes no tóxicos, mayormente orgánico que contaminan el agua subterránea (chiqueros, mataderos, planta láctea), recolectar los efluentes en el mismo sitio y conducirlo por tuberías a estanque para su tratamiento biológico y evaporación.

c- Otras actividades

- 1- En caso de que existiera voluntad de los directivos de las colonias, se sugiere el traslado a otro sitio del cementerio, en una zona en donde el terreno tenga una capa de por lo menos 3 metros de sedimentos poco permeables (limo arcilloso) en áreas de Segunda prioridad o de baja y donde el NE este 2 metros por debajo a los cajones funebres.
- 2- Traslado de la estación de servicio, en lugares alejados de las áreas de recarga artificial.
- 3- Es necesario que los pozos entubados cuenten con sello sanitario, a modo de evitar la infiltración de contaminantes superficiales.
- 4- En caso de que los pozos sean abandonados, se recomienda su aislación (relleno (cal), cementado y sellado), para evitar la contaminación del acuífero.

Áreas de protección de segunda prioridad (Áreas con presencia actual de agua subterránea salada pero con potencial para la recarga artificial; áreas con alta y moderada vulnerabilidad)

1. Establecer un Plan de Desarrollo Urbano para Suministro de Agua, en el cual se identifiquen las ubicaciones de futuros tajamares para recarga artificial del agua subterránea. Estas áreas de protección indicadas en Áreas de protección de Primera Prioridad, pues pasarían a pertenecer a éstas.
2. Las áreas remanentes con agua subterránea salada, de alta y moderada vulnerabilidad, pero sin potencial para la recarga artificial deberán ser consideradas como Áreas de Protección de Baja Prioridad.

Area de Protección de Baja Prioridad (Areas remanentes con agua subterránea salada, de alta y moderada vulnerabilidad, pero sin potencial para recarga artificial)

1. Uso de la tierra libre.

2. Los desechos no deberían tener un impacto contaminante sobre el agua subterránea. Por razones de salud e higiene, los lugares de depósitos de desechos y tratamientos de efluentes deberan se ubicados fuera del área urbana.

3. Tener en consideración que las áreas de captación de los tajamares de recarga pueden extenderse dentro de las Areas de Protección de Baja Prioridad, por lo tanto, cualquier escorrentía superficial que contenga sustancia contaminante deberán ser "prevenida" para evitar su ingreso en los tajamares de recarga.

Observación: las áreas de protección fueron establecidas mediante estudios hidrogeológicos en áreas urbanas pilotos, que pueden ser aplicados a otras áreas con características hidrogeológicas semejantes.

Fig. 1: Paleodelta y sus divisiones: Norte, Central (área de estudio) y Sur.

