

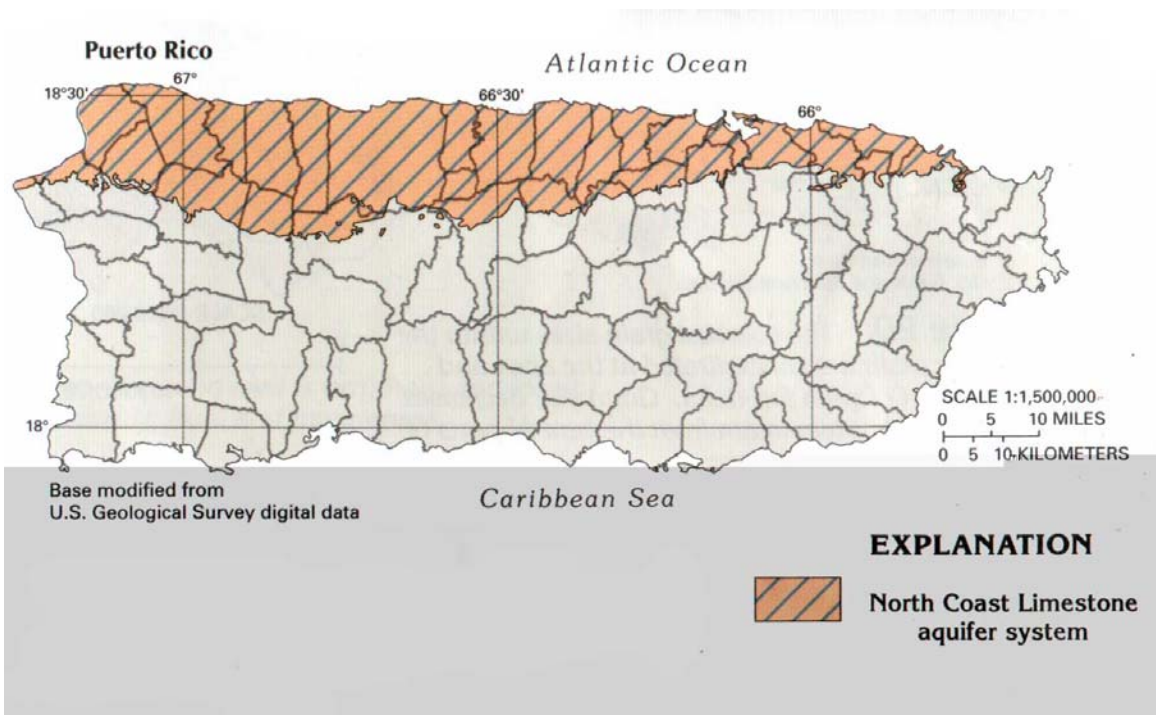
RESTAURACION AMBIENTAL DE NUESTROS
AQUÍFEROS: SOLUCION PARA EL PROBLEMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL AGUA

Preparado por: Ricardo N. Alvarez, PE, REM
Especialista en Restauración Ambiental

En Puerto Rico tenemos a nuestra disposición numerosos recursos naturales que provee el medio ambiente para nuestro desarrollo. Entre esos recursos, tenemos el agua, que a diferencia de otros países, abunda de muchas maneras en cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

De acuerdo con el "US Geological Survey", en Puerto Rico se extraen alrededor de 700 millones de galones de agua diarios(MGD) de nuestros cuerpos de aguas. De esa cantidad, alrededor de 250 MGD provienen de los acuíferos o el 36% del uso total del agua. Se estima que existe más agua en los acuíferos que en los embalses y lagos. Además, gran parte del agua de los acuíferos descarga en los cuerpos de aguas superficiales que se utilizan para el consumo humano.

Los acuíferos más importantes de Puerto Rico se encuentran a lo largo de las orillas de las costas norte y sur. En la zona norte, los acuíferos proveen alrededor del 20% del agua que se distribuye a través del sistema de la AAA. En la zona sur, los acuíferos proveen alrededor del 50% al sistema de la AAA.





EXPLANATION



EXPLANATION

- | | | | |
|----------|------------------------------|----------|---------------------------------|
| | Alluvial valley aquifers | J | Yabucoa Valley |
| A | Rio Grande de Arecibo valley | K | Maunabo valley |
| B | Rio Grande de Manati valley | L | Cayey valley |
| C | Rio Cibuco valley | M | Rio Tallaboa valley |
| D | Rio de la Plata valley | N | Rio Yauco and Guayanilla valley |
| E | Rio de Bayamón valley | O | Rio Loco valley (Guánica area) |
| F | Rio Grande de Loiza valley | P | Lajas Valley |
| G | Fajardo area | Q | Rio Guanajibo Valley |
| H | Caguas-Gurabo-Juncos area | R | Rio Grande Añasco Valley |
| I | Humacao-Naguabo area | S | Rio Culebrinas valley |

EL PROBLEMA

En los últimos años, hemos experimentado cada vez con más frecuencia, la falta de agua potable en nuestras comunidades. Esto se debe a que gran parte de nuestros cuerpos de aguas están contaminados debido al crecimiento acelerado poblacional, industrial y comercial. Actualmente existen alrededor de 80 pozos de agua potable inoperantes del sistema de la AAA que han tenido que ser cerrados por contaminación por órdenes del Departamento de Salud y la EPA. Esto representa alrededor de 100 MGD menos de agua que no puede ser usada, agravando más el problema del agua potable.

De acuerdo con la Ley Federal de Agua Potable Segura, en Puerto Rico la Junta de Calidad Ambiental (JCA) es la agencia del gobierno responsable por la protección de los sistemas de abasto públicos de agua potable de cualquier contaminante que pueda causar un efecto adverso sobre la salud humana. Esto se implementa por medio del Programa de Protección de Areas Inmediatas a Pozos de Agua Potable (Well Head Protection Program, WHPP). El propósito principal del programa es proteger el área superficial y del subsuelo alrededor de un pozo de agua potable de contaminantes adversos que puedan afectar la salud de las personas que utilizan el recurso. Además, se protege el acuífero de que la contaminación siga extendiéndose y contaminando otros pozos.

LA SOLUCIÓN

La necesidad primordial para proteger las aguas subterráneas como fuentes de agua potable han conducido a la JCA a recopilar información concernientes a las fuentes potenciales de contaminación la cual puede ser utilizada por una serie de programas y agencias con fines remediativos, de asesoramiento o planificación. Nuestra recomendación esta basada en los fines remediativos de las aguas subterráneas contaminadas, ya que el no hacer nada constituye un daño progresivo al acuífero y a los pozos alrededor.

La restauración ambiental o limpieza de los acuíferos contaminados es una alternativa real que se debería implementar mas activamente para proteger las aguas subterráneas. Existen varias tecnologías disponibles ya probadas en mas de 5,000 lugares e implementadas en los 50 estados de la nación y en alrededor de 15 países.

En Puerto Rico se han desarrollado tecnologías costo-efectivas entre la Universidad de Puerto Rico y la industria privada para responder eficientemente a esta crisis ambiental. Mediante Memorandos de Entendimiento y la Oficina de Ciencia y Tecnología se desarrollaron técnicas de biorremediación de aguas subterráneas contaminadas con hidrocarburos de petróleo (VOC's) y de acuíferos contaminados con nitrato. La biorremediación representa la alternativa más segura para la restauración ambiental de las aguas subterráneas contaminadas. Los costos capitales estimados para la limpieza de aguas subterráneas contaminadas suelen ser extremadamente altos cuando se usan tecnologías convencionales como la extracción del agua afectada seguido por algún tipo de tratamiento físico o químico. En cambio, la implementación de biorremediación *in-situ* evitaría la necesidad de extracción del agua así como reduciría los los costos por construcción, operación y mantenimiento, materiales, personal y monitoreo. Estos factores, unidos a que el tratamiento biológico resulta en la destrucción del compuesto contaminante, hacen de la biorremediación una de las alternativas más seguras y costo efectivas.

El estudio de la EPA “*Groundwater Cleanup: Overview of Operating Experience at 28 Sites*” evaluó la restauración o limpieza ambiental de 28 lugares con acuíferos contaminados, demostró que se lograron los objetivos de limpieza dentro del tiempo y de los costos esperados. Además, en muchos de estos lugares, los estados fueron los que implementaron las acciones correctivas, actuando antes que las agencias federales. Algunos de los logros obtenidos se resumen a continuación:

1. Agua Subterránea Restaurada – desde 17 MG hasta 550 MG por año
2. Contaminantes Tratados – VOC’s, Metales, TPH
3. Tecnologías in-situ identificadas como factor clave para el éxito
4. Tiempo de Tratamiento promedio:
 - Tecnologías Convencionales: desde 4.2 años hasta 5.3 años
 - Tecnologías In-Situ: desde 1.2 años hasta 1.8 años
5. Costos :
 - Costos Capitales (promedios):
 - Tecnologías Convencionales: desde \$1.9 M hasta \$3.5 M por lugar
 - Tecnologías In-Situ: desde \$50,000.00 hasta \$490,000.00 por lugar
 - Costos Operacionales (promedios):
 - Tecnologías Convencionales: desde \$190,000.00/año hasta 670,000.00/año
 - Tecnologías In-Situ: desde \$69,000.00/año hasta \$85,000.00/año

CONCLUSIÓN

La protección y restauración ambiental de nuestros acuíferos representan varias soluciones a los problemas ambientales, de salud y de infraestructura para Puerto Rico. La lucha por mantener la calidad ambiental que caracteriza a nuestra isla, requiere constante investigación de las realidades y necesidades de la sociedad, de la economía, de las industrias, así como de la infraestructura local y del mismo medio ambiente.

Algunos pozos de agua potable cerrados por contaminación

<i>Town</i>	<i>Name of the well</i>	<i>Type of contamination</i>	<i>MGD</i>
Aibonito	Llanos Adentro	Contaminated with "tricloroetileno & tetracloroetileno"	0.85
Arecibo	Garrochales 1	Contaminated	0.90
Arecibo	Garrochales 2	Contaminated	0.85
Barceloneta	Tiburones 1	Contaminated by UpJohn	0.95
Barceloneta	Vila	Contaminated with mercury	0.80
Cabo Rojo	5A	Contaminated	0.65
Caguas	Bairoa-A	Contaminated with VOC	0.85
Caguas	Bairoa-C	Contaminated with VOC	0.90
Caguas	Bairoa Viejo	Contaminated with VOC	0.80
Cayey	La Ley	Contaminated with VOC	0.65
Cayey	Mínimas 1	Contaminated	0.60
Cayey	Polvorín	Contaminated with VOC	0.85
Cayey	Caserío Viejo	Contaminated with "tricloroetileno & tetracloroetileno"	0.90
Ciales	Rossey 1	Contaminated with TCE	0.75
Cidra	Pozo #3	Contaminated	0.45
Cidra	Pozo #4	Contaminated	0.50
Cidra	Pozo #8	Contaminated	0.40
Comerio	Pasarell	Contaminated with VOC	0.80
Dorado	Los Puertos	Contaminated with VOC	1.35
Guayama	Fibers 2	Contaminated	0.45
Guayama	Fibers 3	Contaminated	0.55
Guayama	Fibers 4	Contaminated	0.55
Guayama	Fibers 5	Contaminated	0.50
Guayama	Cimarrona	Contaminated with VOC	0.85
Hato Rey	Pozo Truman	Contaminated with VOC	0.70
Humacao	Carolinas I	Contaminated with VOC	0.75
Humacao	Carolinas II	Contaminated with VOC	0.70
Humacao	Carolinas III	Contaminated with VOC	0.90
Juana Díaz	Autopista	Contaminated with VOC	0.75
Manatí	Cotto Sur 2	Contaminated with nitrate	0.85
Manatí	Cotto Sur 3	Contaminated with nitrate	0.95
Manatí	Vocacional	Contaminated with nitrate	0.75
Maunabo	Maunabo 1	Contaminated	0.45
Patillas	Pta. Alc. (pozo #2)	Contaminated	0.40

Patillas	Pozo Núm. 3	Contaminated with VOC	0.75
Ponce	Colegio Tecnológico	Contaminated with VOC	0.65
Ponce	Oliver Viejo	Contaminated with VOC	0.70
Ponce	Sauri	Contaminated with VOC	0.60
Ponce	Vocacional	Contaminated with nitrate	0.50
San Juan	Miguel Such	Contaminated with VOC	0.75
San Juan	Detrás del cuartel	Contaminated	0.50
San Juan	Mínimas 2	Contaminated with VOC	0.55
Vega Alta	Bajura 1	Contaminated with VOC	1.20
Vega Alta	Bajura 2	Contaminated with VOC	0.85
Vega Alta	Bajura 3	Contaminated with VOC	0.70
Vega Alta	Bajura 4	Contaminated with VOC	1.30
Vega Alta	Bajura 5	Contaminated with VOC	0.85
Vega Alta	Vega Alta 1	Close to contamination	0.95
Vega Alta	Vega Alta 2	Close to contamination	1.30
Vega Alta	Regadera	Contaminated with VOC	1.20
Vega Alta	Ponderosa	Contaminated	0.70
Vega Baja	Pugnado 3	Contaminated with nitrate	0.95
TOTALS			39.90

REFERENCIAS

Atlas of Ground Water Resources in Puerto Rico and the U. S. Virgin Islands. 1996. Thalia D. Veve and Bruce E. Taggart. Pages 1 - 8.

Assessment of Nitrate Contamination of the Upper Aquifer in the Manatí-Vega Baja Area, Puerto Rico. 1999. USGS Science for a Changing World. By Carlos Conde-Costas and Fernando Gómez-Gómez. Water-Resources Investigations Report 99-4040.

Biorremediación de una realidad social a una solución ecológica. 2000. Arturo Massol Deyá, Ph.D. Segunda Edición. Publicaciones CasaPueblo.

Goals and Progress of Statewide Water Quality Management Planning, Puerto Rico 1996-1997. 1998. Government of Puerto Rico, Puerto Rico Environmental Quality Board. Pages 106 - 175.

Groundwater Cleanup: Overview of Operating Experience at 28 Sites (EPA 542-R-99-006). 1999. US Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response.

Ground Water Atlas of the United States. 1997. James A. Miller, R. L. Whitehead, and Perry G. Olcott. Pages N22 - N33.

Programa para la Protección de Areas Inmediatas de Pozos de Agua Potable. 1991. Government of Puerto Rico, Puerto Rico Environmental Quality Board. Pages 3 - 5.

Listado de Pozos Desactivados por Contaminación. Desde 1 de enero de 1982 al 30 de abril de 1992. Departamento de Salud, Programa de Agua Potable.