

VULNERABILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA A LA ACCION ANTRÓPICA VALLE DE TULUM - PROVINCIA DE SAN JUAN

Mérida, Silvia¹ y Tores, Liliana²

¹INA CRAS San Juan; Avda. J.I.de la Roza 125 Este, Piso 3; CP 5400; San Juan; Argentina Tel. (54 264) 4214826 / Fax (54 264) 4212415 - E-mail: meridasilvia@yahoo.com.ar

²Departamento De Hidráulica; Av. San Martín 750 (O); Capital; CP 5400; San Juan Tel: (0264) 4306260 – E- mail: toresli123@yahoo.com.ar

Resumen

El agua subterránea es un recurso confiable para el suministro de agua por estar geológicamente protegido. No obstante ello, las aguas subterráneas presentan una permanente amenaza de contaminación ocasionadas por acciones antrópicas, tales como el desarrollo urbano o las actividades industriales, mineras o agrícolas; constituyendo esto un riesgo para el ecosistema y para la salud, si se considera al recurso subterráneo como proveedor de agua para consumo humano. El objetivo de este trabajo es delimitar zonas con diferentes vulnerabilidades que permitan dar respuesta al planeamiento y ordenamiento territorial, en base al manteniendo de la calidad del agua subterránea para consumo humano en las zonas explotadas. Mediante la aplicación de un método paramétrico, creado por Foster en 1987 denominado GOD, se establecieron diferentes zonas para el Valle del Tulum, asumiendo como agentes contaminantes los depósitos de residuos sólidos y las industrias existentes, a partir de allí se evaluó la vulnerabilidad y el peligro de contaminación de las aguas subterráneas utilizadas para refuerzo de la red de agua potable. Los resultados obtenidos son una serie de mapas indicativos de la vulnerabilidad del acuífero freático, los peligros relacionados a cada una de las amenazas planteadas y los riesgos asociados al uso del agua subterránea como fuente de agua para el consumo humano.

Palabras claves: Vulnerabilidad – Peligro – Riesgo - Acuífero – Agua Subterránea

Abstract

Groundwater is a resource for reliable water supply to be geologically protected. Nevertheless, groundwater present a constant threat of pollution caused by human actions, such as urban development or industrial, mining or agricultural, is this a risk to ecosystem health, considering the underground resource as a supplier of water for human consumption. The aim of this study is to delineate zones with different vulnerabilities that can respond to planning and zoning, based on maintaining the quality of groundwater for human consumption in exploited areas. By applying a parametric method, developed by Foster in 1987 called GOD, different zones were established for the Valley of Tulum, and pollutants taking deposits of solid waste and existing industries, from there we assessed the vulnerability and danger of contamination of groundwater used for reinforcing the network of drinking water. The results are a series of maps indicating the vulnerability of the aquifer water table, the hazards connected to each of the threats posed and the risks associated with the use of groundwater as a source of water for human consumption.

Keywords: Vulnerability - Danger - Risk - Aquifer - Groundwater

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

San Juan está situada en la región de Cuyo. Posee una superficie de 92.800 km², dentro de la cual se destaca un relieve montañoso de escasa vegetación, fértiles oasis, ríos del deshielo cordillerano, serranías e importantes yacimientos mineros y paleontológicos.

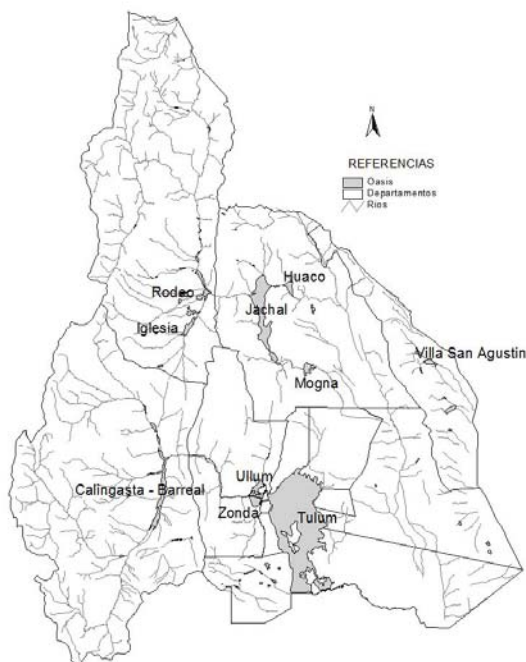


Figura N° 1: Ríos y Oasis de San Juan
Fuente Atlas Socioeconómico de San Juan

La zona de estudio, el Valle de Tulum (Figura N° 1) se encuentra ubicada en el Centro Sur de la provincia de San Juan, rodeado de un relieve montañoso. Su clima se caracteriza por ser desértico, con escasas precipitaciones, considerable aridez y una importante oscilación térmica tanto anual como diaria. El principal río del Valle es el río San Juan, el cual ha desarrollado un importante cono aluvial, en cuyo ápice se encuentra emplazada la presa Quebrada de Ullum, obra cabecera del sistema de riego del Tulum. El valle concentra aproximadamente el 80% de la población y de las actividades económicas y de servicios que se desarrollan en la Provincia.

En la zona de estudio se asienta el conglomerado metropolitano denominado Gran San Juan, que abarca la ciudad Capital y los sectores urbanos de los departamentos aledaños. En cuanto a la provisión de agua potable, la población del mismo es abastecida por los servicios que presta la empresa Obras Sanitarias Sociedad del Estado, cuya fuente principal es

obtenida del recurso superficial con refuerzos de aguas subterráneas a través de perforaciones distribuidas en la zona a servir. La población se extiende en el territorio provincial de forma no uniforme, debido a causas naturales, históricas y socioeconómicas. Entre las condiciones naturales se encuentran las condiciones del relieve, que determinan una preferencia por establecerse en los valles por la disponibilidad del agua, concentrada.

El objetivo primordial de este trabajo, es proporcionar una herramienta de consulta y ayuda para el planeamiento y desarrollo urbano bajo la premisa del manteniendo de la calidad del agua subterránea para consumo humano, mediante la identificación de zonas con diferentes vulnerabilidades del agua subterránea a la acción antrópica y la evaluación del riesgo de contaminación por efecto de la existencia de focos contaminantes sobre los acuíferos.

DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD

Para el análisis de vulnerabilidad en la zona de estudio se ha adoptado la metodología GOD (Groundwater occurrence - Overall aquifer class - Depth). Este es un método empírico que establece la vulnerabilidad relativa como la interacción entre la inaccesibilidad hidráulica y la capacidad de atenuación; factores que poseen relaciones complejas y dependen de gran cantidad de variables difíciles de cuantificar.

El índice de vulnerabilidad GOD, (Foster e Hirata, 1991) caracteriza a la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos en función de los siguientes parámetros:

- Grado de confinamiento hidráulico del acuífero en consideración.

- Ocurrencia del sustrato suprayacente (zona no saturada o capas confinantes) en términos de características litológicas y grado de consolidación.
- Distancia al agua determinada como: la profundidad al nivel del agua en acuíferos no confinados o la profundidad al techo de acuíferos confinados.

Consecuentemente, la estimación del índice se determinó mediante las siguientes etapas:

- Primera, se identificó el grado de confinamiento hidráulico del acuífero y asignó un índice a este parámetro en una escala de 0,0 a 1,0.
- Segunda, se especificó las características del sustrato suprayacente a la zona saturada del acuífero en términos de: (a) grado de consolidación y (b) tipo de litología y, asignó un índice a este parámetro en una escala de 0,4 a 1,0
- Tercera, se estimó la distancia o profundidad al nivel del agua (en acuíferos no confinados) o profundidad al techo del primer acuífero confinado, con la consiguiente asignación de un índice en una escala de 0,6 a 1,0.

La vulnerabilidad según el método se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Vulnerabilidad} = G \times O \times D \quad (1)$$

Donde: G: Índice por condición de confinamiento del acuífero; O: Índice del sustrato litológico en términos de grado de consolidación y características litológicas y D: Índice por profundidad del nivel del agua o techo del acuífero confinado.

Por último se asignó al valor calculado en la ecuación (1), según lo expresado por Foster (1991), el nivel de vulnerabilidad según su escala (muy baja si el valor es menor a 0,1; baja si el valor está entre 0,1 y 0,3; moderada si está entre 0,3 y 0,5; alta si está entre 0,5 y 0,7 y extrema si es mayor a 0,7).

Geología

El Valle de Tulúm, es una depresión intermontana de origen tectónico que se desarrolla en el sector Centro Sur de la provincia de San Juan, entre la Sierra de Pie de Palo al Este y las sierras Chica de Zonda y de Villicúm y las Lomas de Las Tapias y del Salado al Oeste. El Valle se encuentra relleno por materiales pétreos y rocas sedimentarias del Cuaternario y del Terciario respectivamente. Contiene un reservorio o cuenca de agua subterránea de unos 3.700 Km², con acuíferos libres, semiconfinados y confinados dependiendo de las condiciones geológicas del subsuelo.

Se considera como el basamento hidrogeológico (unidad no acuífera) de la cuenca de agua subterránea, a sedimentitas de edad terciaria. Por su parte los materiales sedimentarios del cuaternario (unidad acuífera más importante) que rellenan la cuenca fueron depositados principalmente por el río San Juan, quien atraviesa el valle de Norte a Sur.

Desde el punto de vista fisiográfico y siguiendo la clasificación efectuada por Rocca, (1969/70), el Valle de Tulúm está integrado principalmente por dos unidades fisiográficas caracterizadas por presentar diferentes pendientes: una ubicada en el sector Centro-Oeste del valle correspondiente al antiguo cono aluvial del río San Juan, y la otra correspondiente a la antigua planicie de inundación del río.

Piezometría y profundidad de niveles freáticos

La información disponible de niveles del agua fue proporcionada por el INA-CRAS (período 1973/2005) y por el Plan Agua Subterránea para el Noroeste Argentino (PAS,

período 1966/72). Del total de registros analizados se tomó, para el cálculo del índice de vulnerabilidad, el realizado en septiembre de 1988, dado que representa el escenario más desfavorable con los menores espesores de zona no saturada y por ende la menor capacidad de atenuación a los contaminantes.

Limite del Acuífero

La cuenca de agua subterránea del Valle de Tulúm, presenta una zona de acuífero libre ubicada al Oeste del Valle; y una zona de acuíferos semiconfinados a confinados situados en general al Este y Sur de la depresión. El trazado del límite entre acuíferos fue extraído del trabajo realizado por Rodríguez (1978) basado en la información de perfiles litológicos de perforaciones existentes.

RESULTADOS. ANÁLISIS DE PARÁMETROS.

La vulnerabilidad del acuífero en el Valle de Tulúm se obtuvo a partir de la conjunción y análisis de los mapas geológicos, de profundidad de niveles y de límites de acuíferos, conjuntamente con la clasificación de Foster para caracterizar la vulnerabilidad (GOD), Tabla N°1 y Figura N°2, aplicando la siguiente valoración:

G=1 para acuífero libre y G=0,3 para acuífero semiconfinado

O= 0,6 para arenas y gravas aluviales

D= valores originales sugeridos por Foster (1991, pag. 64)

Tabla N°1 - Clasificación de la vulnerabilidad en el Valle de Tulum - Método GOD

Espesor zona no saturada (m)	Índice para acuífero libre					Índice para acuífero semiconfinado				
	G	O	D	Vulnerabilidad	Clasificación	G	O	D	Vulnerabilidad	Clasificación
>100	1	0,6	0,4	0,24	bajo	0,3	0,6	0,4	0,07	despreciable
100-50	1	0,6	0,5	0,3	bajo	0,3	0,6	0,5	0,09	despreciable
50-20	1	0,6	0,6	0,36	mod	0,3	0,6	0,6	0,11	bajo
20-10	1	0,6	0,7	0,42	mod	0,3	0,6	0,7	0,13	bajo
10-05	1	0,6	0,8	0,48	mod	0,3	0,6	0,8	0,14	bajo
05-02	1	0,6	0,9	0,54	alto	0,3	0,6	0,9	0,16	bajo
<2	1	0,6	1	0,6	alto	0,3	0,6	1	0,18	bajo

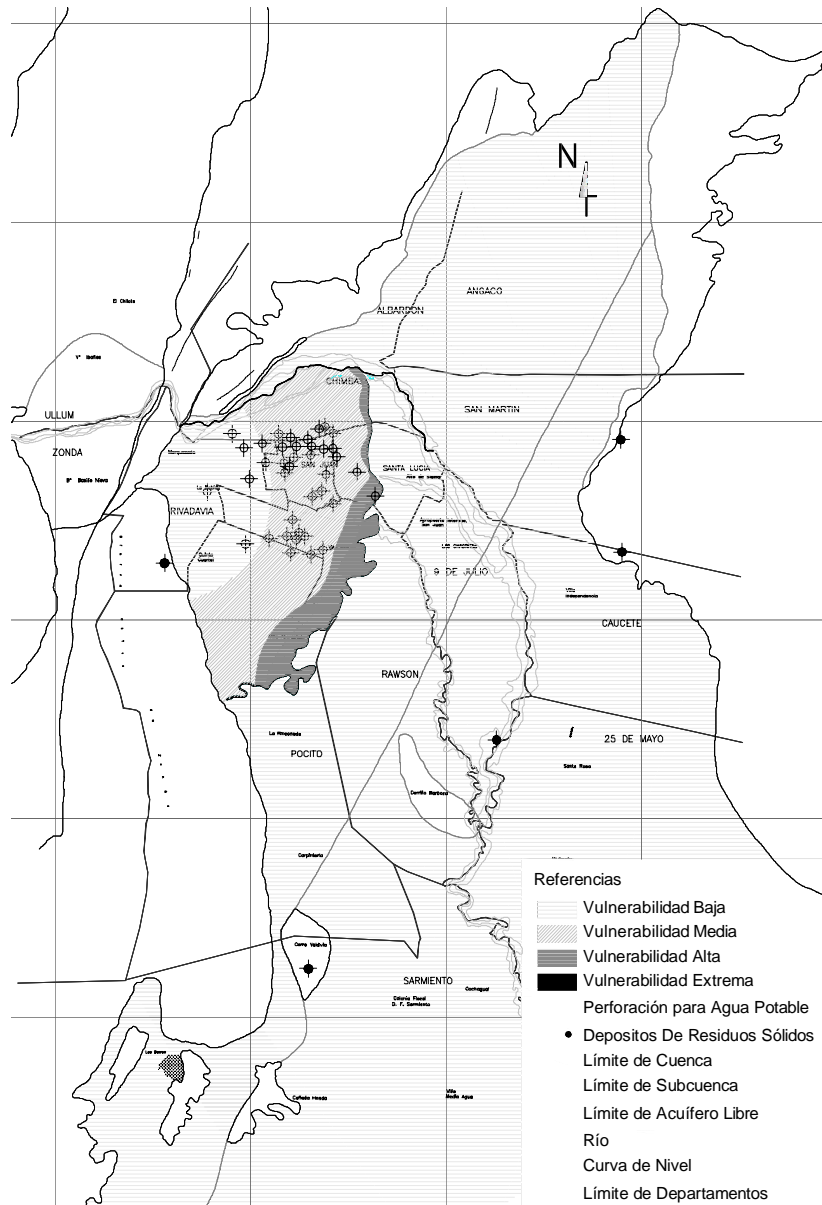


Figura N° 2- Mapa de Vulnerabilidad Valle de Tulum.

ANALISIS DEL RIESGO DE CONTAMINACION DEL ACUIFERO

En este trabajo, el análisis del riesgo de contaminación estuvo orientado a determinar el posible efecto de las industrias y los vertederos de residuos sólidos sobre las aguas subterráneas del Valle.

Caracterización de la carga contaminante

Para la evaluación de la carga contaminante se aplicó el método POSH (Pollutant Origin Surcharge Hydraulically) (Foster e Hirata, 1991). Con la aplicación de este método se puede clasificar la carga contaminante del subsuelo y establecer criterios de protección del agua subterránea, a partir de la estimación de la vulnerabilidad del acuífero. Se basa en dos características fácilmente estimables: el origen del contaminante y su sobrecarga hidráulica, clasificando el "potencial de generación de carga contaminante al subsuelo" en tres niveles cualitativos: reducido, moderado y elevado.

Las cargas analizadas en este trabajo correspondieron a fuentes de contaminación puntual, de acuerdo a la clasificación de las actividades potencialmente contaminantes por su distribución espacial. Las mismas son:

Actividad Industrial

Siguiendo la clasificación, dada por Foster e Hirata (2002), según las características químicas, se determinó el índice de contaminación potencial del agua subterránea en función del tipo de industria.

En la provincia de San Juan, hay un total de 599 industrias. El 13.53 % de las industrias poseen plantas de tratamiento de efluentes en buen funcionamiento, el 81% se encuentran en trámite de regularización del tratamiento y el resto vierte directamente los efluentes sin tratar al terreno. Del total de industrias registradas el 62 % producen efluentes con elevada carga orgánica y salina (industrias vitivinícolas y olivícolas). En la gran mayoría de estos casos los efluentes reciben un tratamiento primario, un tratamiento biológico (cámara séptica) y luego son infiltrados en el terreno o vertidos al mismo para riego de cultivos, campos de chéptica o plantaciones de árboles o son derivados a lagunas de evaporación (industrias olivícolas). Hay un 9 % de estaciones de servicios y lavaderos de automotores que producen efluentes con contenidos de hidrocarburos en escasa cantidad pero de alto grado de contaminación si alcanzan las capas subterráneas. En estos casos el tratamiento consiste en desbaste primario y trampas de grasas, luego se infiltra el agua residual. Hay un 4% de plantas de tratamientos cloacales que reciben tratamiento primario y secundario y luego, en la mayoría de los casos se infiltra a través de lechos percoladores o se vierte a sistemas de drenajes o desagües. En todos los casos, ya sea que se traten o no los efluentes hay posibilidades de contaminación de las capas de agua subterráneas, y es aquí donde centramos nuestro estudio a la hora de valorar la peligrosidad de contaminación del recurso subterráneo.

Disposición de Residuos Sólidos Urbanos

Para este trabajo, los residuos sólidos considerados son de origen doméstico, comercial e institucional y se excluyen a aquellos denominados como peligrosos según la Ley Nacional 24.051 y sus decretos reglamentarios.

Los residuos sólidos analizados en los vertederos de la provincia están formados por materiales como: restos de comida, papeles, cartón, plásticos, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio y metales férreos. También se encuentra entre ellos una cantidad variada de productos que representan un riesgo potencial, a la salud pública o a los organismos vivos. Estos materiales han sido definidos como residuos peligrosos, tales como: pilas, sustancias ácidas, remedios, insecticidas, pinturas, artículos de limpieza, etc.

Actualmente San Juan cuenta con una serie de once vertederos oficiales distribuidos en los departamentos que constituyen el Gran San Juan. En la mayoría de ellos se observa la práctica de incineración de los residuos y en muy pocos se efectúa el tapado, para evitar la proliferación de insectos y otros animales.

La clasificación del potencial relativo de generación de carga contaminante al subsuelo se pudo obtener por la interacción del origen del residuo, que indica la posible presencia de contaminantes del agua subterránea y la sobrecarga hidráulica probable estimada a partir de la precipitación en el sitio de disposición de residuos. En San Juan, la categorización de las fuentes contaminantes analizadas según el método POSH, partiendo de la precipitación media, que es menor a 200mm/año, y por el tipo de residuos, dio para todos los vertederos analizados un Potencial reducido.

EVALUACION DEL RIESGO

El riesgo de contaminación del agua subterránea lo definimos como la probabilidad que un acuífero experimente impactos negativos a partir de una actividad antrópica dada hasta un nivel tal que su agua subterránea se torne inaceptable para el consumo humano, de acuerdo con los valores guía de la OMS para calidad de agua potable (Foster e Hirata, 2002). Esta evaluación de los riesgos de contaminación del acuífero, es un prerequisite esencial para la protección de los recursos hídricos subterráneos, ya que identifica aquellas actividades humanas que tienen la mayor probabilidad de tener impactos negativos sobre el acuífero y así indica la priorización de las medidas de control y mitigación necesarias.

El riesgo en cualquier localización dada fue determinado considerando la interacción entre: la carga contaminante sub-superficial que es, será o podría ser aplicada en el subsuelo como resultado de las actividades humanas y la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación (Foster e Hirata, 2002).

En la Figura N° 3 se muestra el Grado de Riesgo obtenido para las cargas contaminantes analizadas en este trabajo.

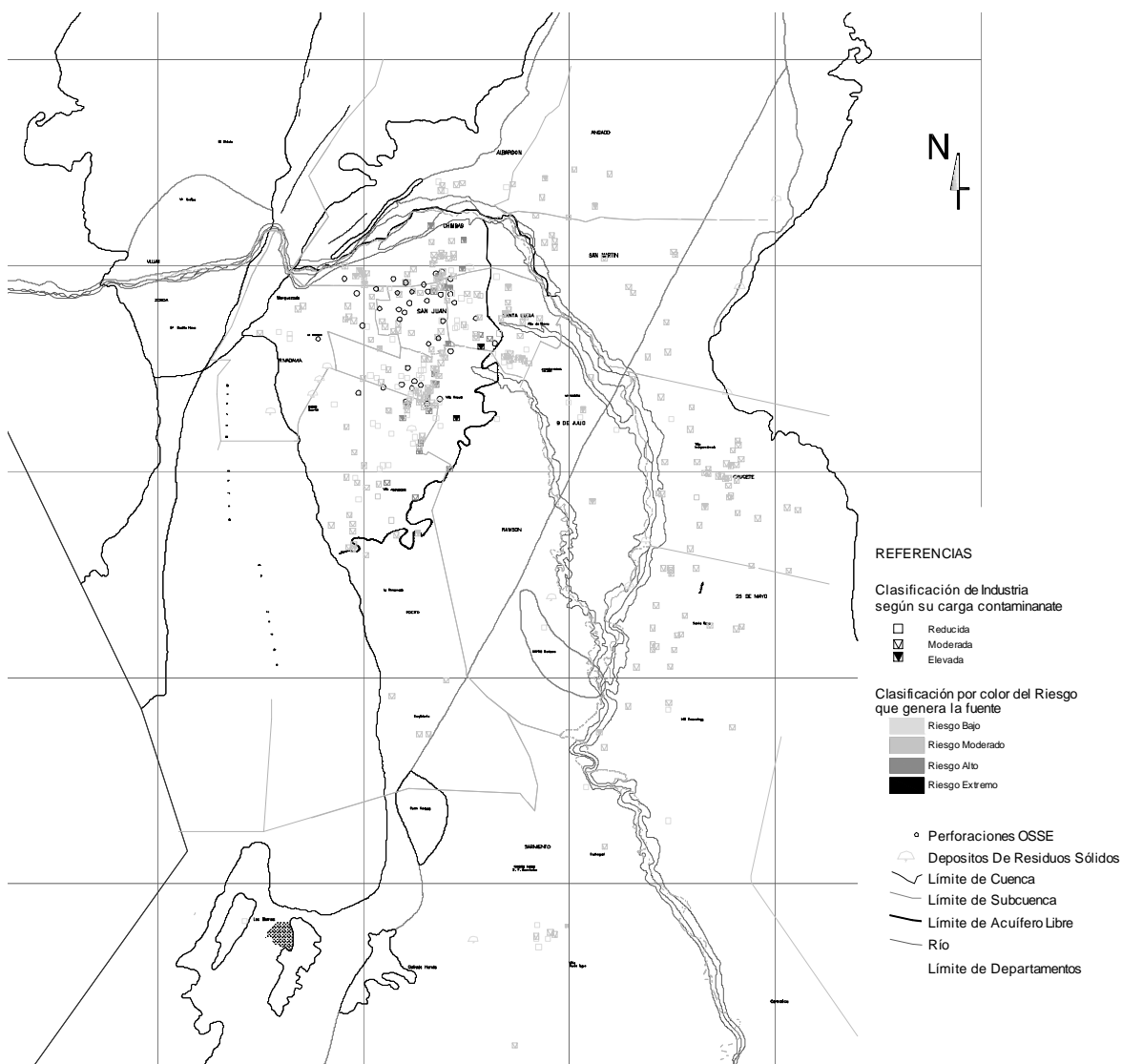


Figura N°3 - Nivel de Riesgo en función de la localización de industrias y vertederos de residuos

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio de vulnerabilidad dividieron el acuífero libre del Valle del Tulúm en tres zonas, que van de Oeste a Este elevando su nivel de vulnerabilidad (de baja a media y alta). Esta zonificación coincide con la de desarrollo urbano, (mayor densidad de población, concentración de actividad industrial y económica, mayor infraestructura, etc), es decir que la zona más altamente vulnerable de este acuífero es potencialmente la más amenazada en términos de contaminación.

En la zona Este y Sur del Valle, donde se encuentran acuíferos semiconfinados a confinados, la vulnerabilidad fue clasificada como de nivel bajo. Si bien esta es una zona eminentemente agrícola y se estiman bajos aportes de carga contaminante, resulta importante señalar, que los cálculos utilizaron espesores de niveles no saturados que pueden llegar a variar en un futuro, tanto por causas naturales (períodos de exceso o déficit) como artificiales (bombeos) con lo que se considera importante un monitoreo continuo tanto de la evolución espacial como temporal de los niveles piezométricos.

Si las actividades que tienen potencial para generar una carga contaminante elevada al subsuelo ocurren en un área de alta vulnerabilidad del acuífero, la cual está también dentro de una zona de captura de una fuente de abastecimiento subterráneo, existirá un serio Riesgo de causar contaminación significativa al abastecimiento de agua y por consiguiente a la población, bajo estas premisas, en este trabajo, al solapar el análisis de riesgo realizado, con la información de pozos de bombeo destinados al uso en agua potable, se pudo observar casos particulares como el de una perforación ubicada en calle H. Yrigoyen y 11 de Octubre, en el Departamento Santa Lucia, que se encuentra muy cercana y aguas abajo de una industria con riesgo extremo.

En términos más generales la gran densidad de perforaciones e industrias con un riesgo de grado moderado a alto, que posee el este de la ciudad de San Juan indican la necesidad de un estudio más profundo sobre el área de captación de cada perforación, la incidencia del efluente sobre estas áreas y la posibilidad de reducir o eliminar la carga contaminante.

REFERENCIAS

- Foster, S. e Hirata, R.** 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Una metodología basada en datos existentes. CEPIS: 1-81. Lima.
- Foster, S e Hirata, R.** 2002. Protección de la calidad del agua subterránea. Guía técnica. USA
- Salvioli, G.** 2007. Estudio y análisis de la evolución hidrológica e hidroquímica del acuífero libre del valle de Tulúm, provincia de San Juan, entre los años 1970 y 2007. Proyecto código 21/779 CICITCA. Facultad de ingeniería – UNSJ. San Juan. Argentina.
- Departamento de Hidráulica.** 2010. Registro de industrias y perforaciones privadas en la provincia de San Juan. San Juan. Argentina.
- Rocca, J.** 1969/70. Geología de los Valles de Tulum y Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. Plan Agua Subterránea (PAS) P-031. San Juan.
- Rodriguez, J.** 1978. Limite aproximado acuífero libre – acuíferos confinados en el flanco occidental de la cuenca de Tulum San Juan. INA CRAS SAN JUAN P174