

APLICACIÓN DEL MÉTODO DRASTIC PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE AFECCIÓN A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS POR UNA OBRA LINEAL

MARTÍNEZ, M.*; DELGADO, P.* y FABREGAT, V.*

(*) Instituto Tecnológico Geominero de España. Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

RESUMEN

Se propone una metodología para la caracterización hidrogeológica y valoración de la posible afección a las aguas subterráneas por obras lineales, a tener en cuenta para la realización de estudios de impacto ambiental.

De los métodos paramétricos definidos, se ha empleado el conocido como DRASTIC, que considera y valora siete parámetros: profundidad del agua (D), recarga (R), litología del acuífero (A), naturaleza del suelo (S), pendiente del terreno (T), zona no saturada (I) y permeabilidad del acuífero (C). Se presenta una aplicación para el caso de una obra lineal.

Palabras Clave: *Vulnerabilidad, riesgo, índice DRASTIC, obra lineal.*

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del concepto de obra lineal, superficial o enterrada, se puede englobar a un conjunto diverso de trazados como son las carreteras, canalizaciones, colectores, gasoductos, oleoductos, salmoductos, trasvases, túneles y vías férreas. Sus dimensiones, además de la propia obra, contemplan otras áreas asociadas, como son áreas de servidumbre, estructuras, movimiento de tierras, plantas de tratamiento o áreas de servicio. El impacto sobre el medio de estas obras se evalúa mediante los estudios de impacto ambiental, sin embargo la afección a las aguas subterráneas se suele tratar someramente.

El impacto a las aguas subterráneas puede ser físico y químico. En el primer caso se pueden producir efectos barrera, impermeabilización de zonas de recarga o modificación

de los flujos, para el segundo se producirán cambios en la calidad del agua por la propia obra y por vertidos accidentales de productos potencialmente contaminantes.

2. VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad de los acuíferos frente a la contaminación es una propiedad intrínseca del medio que determina la sensibilidad a ser afectados negativamente por un contaminante externo (Foster, 1987). Es una propiedad relativa, no medible y adimensional y su evaluación se realiza admitiendo que es un proceso dinámico (cambiante con la actividad realizada) e iterativo (cambiante en función de las medidas protectoras). La vulnerabilidad puede ser intrínseca (condicionada por las características hidrogeológicas del terreno) y específica (cuando se consideran factores externos como la climatología o el propio contaminante).

El grado de vulnerabilidad puede expresarse mediante un índice. Los índices más utilizados son GOD y DRASTIC, que consideran las características físicas propias del marco hidrogeológico que afectan a la potencial contaminación del agua. Si se establece como hipótesis de partida que el riesgo de los acuíferos frente a un determinado contaminante es equivalente a la vulnerabilidad de los mismos, estos índices se podrán utilizar para evaluar el riesgo, en este caso riesgo y vulnerabilidad están estrechamente relacionados.

El método DRASTIC (Aller et al., 1987) clasifica y pondera parámetros intrínsecos, reflejo de las condiciones naturales del medio y es el más difundido para determinar la vulnerabilidad de acuíferos. DRASTIC valora como parámetros: D (profundidad del nivel piezométrico), R (recarga), A (litología del acuífero), S (naturaleza del suelo), T (pendiente del terreno), I (naturaleza de la zona no saturada) y C (permeabilidad).

Una limitación de estos métodos es la subjetividad al valorar los parámetros, por ello para minimizar este grado de subjetividad, deben utilizarse criterios homogéneos.

En el caso del método DRASTIC la valoración de los parámetros permite acotar los intervalos de vulnerabilidad a la contaminación y delimitar áreas de mayor riesgo frente a un contaminante potencial a lo largo del trazado. El proceso de aplicación de este método a una superficie empieza por la compartimentación de ésta en celdas homogéneas de dimensiones fijadas, por definición la superficie mínima en aplicaciones de DRASTIC es de 0,4 km² (Aller, L., en CCE-MOPTMA, 1994), por ello trasladar esta limitación a una traza lineal resulta complejo. Para la aplicación realizada se han empleado celdas de 200 x 200 m (0,04 km²), diez veces menor que la superficie mínima, distribuidas a ambos lados del trazado, cubriendo una franja de 400 m de ancho.

3. APLICACIÓN DEL MÉTODO DRASTIC

Para aplicar este método debe asumirse que el posible contaminante tiene la misma movilidad en el medio que el agua, que se introduce por la superficie del terreno y se incorpora al agua subterránea mediante la recarga (lluvia y/o retorno de riego). Se aplica

a acuíferos libres y confinados, pero no a los semiconfinados, que deben valorarse de manera que puedan adaptarse a uno de los tipos definidos.

A cada uno de los siete parámetros considerados por este método se les asigna un valor en función de los diferentes tipos y rangos definidos en la tabla 1. Además, al valor de cada parámetro se aplica un índice de ponderación entre 1-5 que cuantifica la importancia relativa entre ellos, y que puede modificarse en función del contaminante.

El índice de vulnerabilidad obtenido es el resultado de sumar los productos de los diferentes parámetros por su índice de ponderación:

$$DrDw + RrRw + ArAw + SrSw + TrTw + Irlw + CrCw = \text{Índice de vulnerabilidad}$$

siendo "r" el valor obtenido para cada parámetro y "w" el índice de ponderación

El rango posible de valores del índice DRASTIC está comprendido entre 23-226 siendo mas frecuentes valores entre 50-200. Los intervalos de vulnerabilidad o riesgo se definen en función de la aplicación. En el trabajo realizado se han establecido los siguientes grados:

<100	Vulnerabilidad insignificante
101-119	Vulnerabilidad muy baja
120-139	Vulnerabilidad baja
140-159	Vulnerabilidad moderada
160-179	Vulnerabilidad alta
180-199	Vulnerabilidad muy alta
>200	Vulnerabilidad extrema

Este método se aplica sobre los denominados "ambientes hidrogeológicos", unidades cartografiadas con características hidrogeológicas e hidrodinámicas similares.

4. METODOLOGÍA

En la aplicación de este método a una obra lineal debe realizarse:

- Representación detallada de la obra a la escala apropiada.
- Análisis de la información disponible para caracterizar hidrogeológicamente el medio por el que discurre el trazado y establecer tramos.
- Valoración de los parámetros en gabinete, utilizando información existente, geológi-

(D) PROFUNDIDAD DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO		(R) RECARGA NETA	
RANGO (m)	VALOR	RANGO(mm)	VALOR
< 1,5	10	0-50	1
1,5-5	9	50-100	3
5-10	7	100-180	6
10-20	5	180-255	8
20-30	2	> 255	9
>30	1		

(A) NATURALEZA DEL ACUÍFERO			(S) NATURALEZA DEL SUELO	
DESCRIPCIÓN	RANGO	VALOR	TIPO DE SUELO	VALOR
A-Arcillas, margas, limos	1-3	2	Arcilla no expansiva y agregada	1
B-Igneas/metamórficas	2-5	3	Suelo orgánico	2
C-Igneas/metamórficas alteradas	3-5	4	Marga arcillosa	3
D-Alternancia de areniscas, arcillas y calizas	5-9	6	Marga limosa	4
E-Areniscas masivas	4-9	6	Marga	5
F-Calizas masivas	4-9	6	Marga arenosa	6
G-Arenas, gravas y conglomerados	4-9	8	Arcilla expansiva y/o agregada	7
H-Volcánicas	2-10	9	Turba	8
I-Calizas carstificadas	9-10	10	Arena	9
			Grava	10
			Delgado o ausente	10

(T) TOPOGRAFÍA		(C) PERMEABILIDAD	
RANGO %	VALOR	RANGO (m/día)	VALOR
0- 2	10	<4	1
2- 6	9	4-12	2
6-12	5	12-28	4
12-18	3	28-40	6
>18	1	40-80	8
		>80	10

(I) IMPACTO DE LA ZONA NO SATURADA		
DESCRIPCIÓN	RANGO	VALOR
A-Arcilla, limo, margas	1-2	1
B-Esquistos, pizarras	2-5	3
C-Calizas	2-7	6
D-Areniscas	4-8	6
E-Alternancia de calizas, areniscas y arcillas	4-8	6
F-Arenas y gravas con contenido en arcilla	4-8	6
G-Metamórficas, ígneas	2-8	4
H-Arenas y gravas	6-9	8
I-Volcánicas	2-10	9
J-Calizas carstificadas	8-10	10

Tabla 1. Rangos y valores de los parámetros (modificado de Aller et Al., 1987 en CCE-MOPTMA, 1994).

PARÁMETROS	ÍNDICE DE PONDERACIÓN (w)
D - Profundidad del nivel de agua	5
R - Recarga	4
A - Naturaleza del acuífero	3
S - Tipo de suelo	2
T - Topografía	1
I - Impacto de la zona no saturada	5
C - Permeabilidad	3

Tabla 2. Índices de ponderación.

ca e hidrogeológica, bases de datos, puntos acuíferos.

- Reconocimiento de campo (inventario de puntos de agua, observaciones litológicas).
- Cálculo del índice de vulnerabilidad aplicando los índices de ponderación.

Para la representación de la cartografía de la vulnerabilidad la utilización de un SIG resulta muy conveniente.

5. VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA UNA OBRA LINEAL

Esta se lleva a cabo tanto en el entorno regional como en las proximidades de la obra.

Parámetro D (profundidad del nivel del agua)

Este parámetro considera la profundidad del nivel piezométrico en el caso de un acuífero libre o del techo del acuífero para uno confinado. La vulnerabilidad disminuye con la profundidad. En su valoración pueden emplearse datos de puntos de agua, estudios hidrogeológicos y medidas de campo. Para una obra lineal se considerarán captaciones situadas dentro de las celdas definidas o las más próximas.

Si se dispone de una serie temporal de evoluciones piezométricas conviene considerar el nivel más alto al ser éste el más desfavorable (para acuíferos libres). En el caso de un acuífero muy explotado que ha cambiado su funcionamiento hidráulico de confinado a libre, será preferible tomar la profundidad del techo del acuífero.

Parámetro R (recarga)

Considera la recarga anual, se puede determinar por métodos convencionales de balance y en general se puede emplear la documentación existente cuando las áreas estudiadas afectan a Unidades Hidrogeológicas o acuíferos definidos.

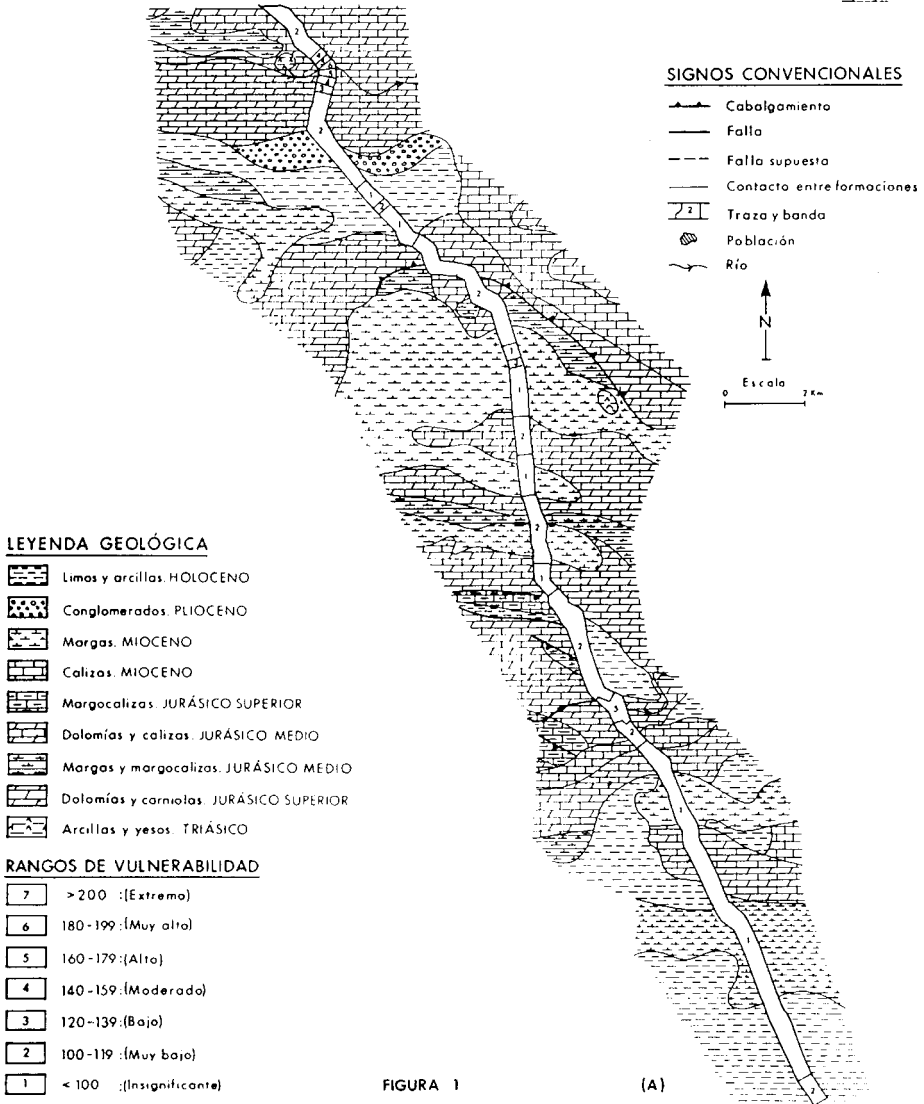
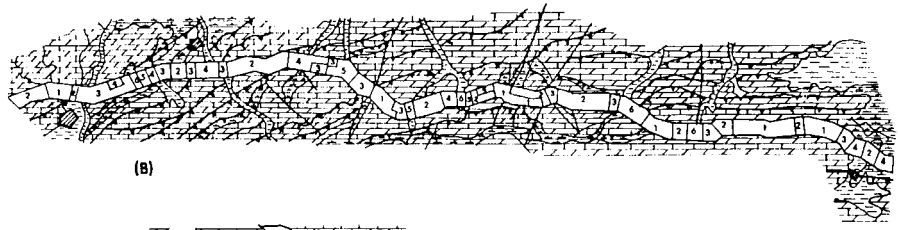
Sin embargo, para tramos sin acuíferos se toma el valor mínimo y para tramos con acuíferos de interés local se valorará en función de su litología.

Parámetro A (litología del acuífero)

Valora la litología que constituye el acuífero, considerándose que a mayor granulometría y fracturación, mayor permeabilidad y por tanto un grado de vulnerabilidad más elevado. Cuando existen varios acuíferos superpuestos siempre se valorará el superior.

Para su determinación se emplea la cartografía geológica existente, como paso previo a un reconocimiento de campo de las litologías de los tramos peor definidos.

En la figura 1 (A y B) se han definido como acuíferos las formaciones carbonatadas jurásicas y como acuíferos locales los detríticos cretácicos y cuaternarios. Asimismo se han considerado los depósitos aluviales que pueden favorecer la transmisión de la posible contaminación hacia otros acuíferos y aguas superficiales. En la asignación de un



valor dentro de su rango se tiene en cuenta el grado de fracturación y carstificación.

Parámetro S (naturaleza del suelo)

El suelo influye en el desplazamiento vertical del contaminante hacia el acuífero. Para este parámetro se considera la porción alterada del suelo que soporta la actividad biológica.

Este parámetro se valorará de forma distinta si la obra es superficial o enterrada, ya que para el segundo caso, y dependiendo de la profundidad a la que se halle, se debe considerar suelo delgado o ausente, ya que queda excluido todo efecto de atenuación de la vulnerabilidad por parte de éste. La naturaleza del suelo en las obras lineales puede obtenerse de las calcatas realizadas en los levantamientos geotécnicos, de la cartografía geológica o de la bibliografía existente.

Parámetro T (topografía, % de pendiente máxima)

En las obras lineales se realizan cartografías de detalle, con el correspondiente levantamiento topográfico, que pueden emplearse para la estimación de las pendientes correspondientes.

Parámetro I (zona no saturada)

La zona no saturada influye en los procesos de atenuación en la trayectoria del agua hacia la zona saturada.

Este parámetro contempla la existencia de acuíferos libres confinados y semiconfinados al valorar el tipo de materiales existentes en la zona no saturada. Si el acuífero es libre corresponde a la propia litología del acuífero y para los otros dos casos corresponde a los materiales suprayacentes confinantes. En la figura 1 los valores más altos corresponden a las rocas carbonatadas aflorantes.

Parámetro C (permeabilidad)

La valoración de este parámetro es compleja si no se dispone de ensayos de bombeo que hayan determinado parámetros hidráulicos, por ello se pueden emplear los valores teóricos relativos estimados para las diferentes litologías, estableciendo rangos en función de la propia litología, número de captaciones existentes, caudal explotado y otras observaciones realizadas en el campo.

6. CONCLUSIONES

Una aproximación al riesgo de afección a los acuíferos por una obra lineal puede obtenerse de la estimación de su vulnerabilidad mediante métodos paramétricos, como es DRASTIC, por considerar que la afección vendrá dada por un determinado tipo de activi-

dad y que el riesgo dependerá del grado de protección (vulnerabilidad) del medio.

La valoración de los parámetros a emplear se realiza con toda la documentación disponible y los conocimientos hidrogeológicos adquiridos del medio, teniendo en cuenta que la vulnerabilidad es un proceso dinámico e iterativo estrechamente relacionado con la actividad susceptible de producir una afección y el riesgo dependerá de la propia acción y de las medidas preventivas a tomar.

En este caso la obtención de índices se ha realizado para celdas de 200x200 m y se han definido siete categorías que se identifican como categorías de vulnerabilidad insignificante, muy baja, baja, moderada, alta, muy alta y extrema.

Aunque la estimación de la vulnerabilidad mediante índices es un método más o menos objetivo, la atribución de valores dentro de unos rangos está condicionada por la subjetividad del técnico hidrogeólogo que realiza su estimación y de su conocimiento del medio.

Esta aplicación del método DRASTIC se propone como metodología para la caracterización hidrogeológica y estimación de la vulnerabilidad de acuíferos a lo largo del trazado de obras lineales a tener en cuenta en los estudios de impacto ambiental.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALLER, L.; BENNET, T.; ET AL (1987): DRASTIC, a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic setting. U.S. Environmental Protection Agency, Ada, OK, EPA, Report 600/2-87-035; 1-455.

COMISION COMUNIDADES EUROPEAS-MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE (1994): Inventario de recursos de agua subterránea en España, 2ª Fase. Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas. Cuenca del Guadalquivir.

FOSTER, S.S.D. (1987): Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. Vulnerability of Soil and Groundwater to pollutants. TNO Committee on Hydrological Research Information nº38, Ed. by W. Van Duijvenbooden and H.G. Van Waegenigh, The Hague: 69-86.