

Mapas de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la acidificación basados en el uso de SIG; Aplicación a la cuenca del río Grío (Zaragoza-España)

Vulnerability maps GIS-based of groundwater to acid deposition; Application to Grío river basin (Zaragoza-España)

J. C. Rubio Dobón ⁽¹⁾ y J. A. Sánchez Navarro ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna, 12 50009 Zaragoza

ABSTRACT

A methodology for construction of groundwater vulnerability, using a Geographical Information System (GIS), has been developed as a tool for protecting the groundwater resources. The maps were constructed by using four subsidiary layers, each of which reflects a particular parameter that governs acidification. The factors that determine vulnerability are: elevation above sea level, morphology of the terrain, areal extent and type of vegetation cover, and geology. This methodology has been applied to Grío river basin. The vulnerability map obtained has been contrasted with chemical data from springs and streams of studied area.

Key words: acidification, vulnerability, Iberian Range, Grío river

Geogaceta, 32 (2002), 199-202
ISSN:0213683X

Introducción

En los Países Nórdicos y Centroeuropa existe una gran problemática medioambiental debido a la acidificación de las aguas subterráneas. Este fenómeno afecta a la flora y fauna, no sólo por el descenso del pH, sino también por el incremento de los niveles de metales tóxicos (como el aluminio y el cadmio) y la pérdida de nutrientes del suelo. La acidificación de las aguas subterráneas provoca graves daños en las masas forestales y los cultivos. En estos últimos, determinadas prácticas agrícolas, como el uso excesivo de fertilizantes, disminuyen la capacidad de neutralización del suelo agravando de este modo los efectos de la acidificación (Thunberg y Hanneberg, 1987).

Para el estudio de este fenómeno, a nivel mundial se vienen realizando análisis físico-químicos del agua de las precipitaciones. Las dos principales redes de control existentes en la actualidad son la red europea EMEP (Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe) y la norteamericana NADP (National Atmospheric Deposition Program). Sin embargo la acidificación de las aguas subterráneas no sólo depen-

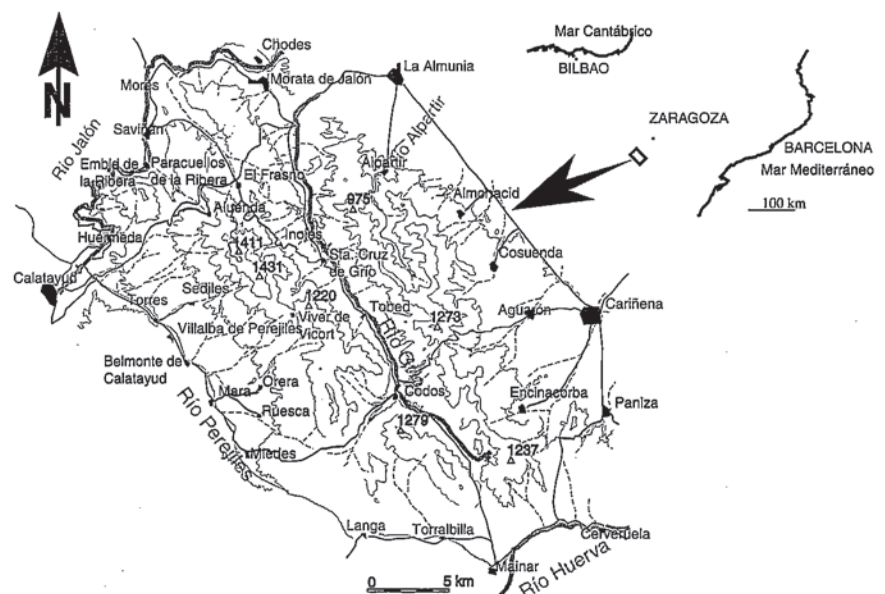


Fig. 1.- Situación de la zona de estudio

Fig.1.- Location of study zone.

de de las características del agua de lluvia, sino también de la capacidad de los terrenos para neutralizarlas totalmente. De hecho, en las regiones kársticas las lluvias ácidas son neutralizadas, mientras que en terrenos graníticos la capacidad de neutralización es escasa, siendo conside-

ramente más alto el riesgo de acidificación del agua subterránea.

Actualmente en la Cordillera Ibérica, no parecen existir problemas graves debidos a la acidificación de las aguas superficiales y/o subterráneas, exceptuando casos puntuales asociados a la actividad de

Factores	Riesgo 0	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3	Riesgo 4
Altitud		< 800 m	800-1100 m	> 1100 m	
Orientación de la ladera	Zonas llanas	Laderas N; NE; S; SW	Laderas E; SE	Laderas W; NW	
Usos del suelo	Zonas urbanas Cultivos herbáceos Policultivos tradicionales Praderas y pastizales Zonas rocosas sin vegetación	Cultivos permanentes (arbóreos) Matorral y matorral arbolado	Bosque de frondosas Choperas	Bosque de Coníferas Bosques mixtos	
Geología	<u>Calizas y dolomías</u> Tienen una gran capacidad para neutralizar la acidez de las aguas gracias a la reacción tampón de la disolución de los carbonatos.	<u>Pizarras, arcillas y margas</u> Son materiales poco permeables y muy ricos en detriticos finos que presentan gran capacidad para neutralizar el pH de las aguas gracias a los procesos de hidrólisis de los filosilicatos	<u>Depósitos detríticos terciarios, plácis y coluviales pliocuaternarios</u> Son materiales generados por la erosión de los relieves paleozóicos a los que se encuentran adosados. La permeabilidad de los materiales es elevada.	<u>Aluviales</u> En general la litología es similar a la del grupo anterior. La permeabilidad de estos materiales es mayor ya que presentan una menor fracción arcillosa. Nivel freático somero.	<u>Cuarzitas</u> Son rocas ricas en silíce y muy pobres en carbonatos. Ausencia de materiales capaces de neutralizar la acidez de las aguas. Elevada permeabilidad por karstificación.

Tabla I.- Niveles de riesgo asociados a cada factor.

Table I.- Risk levels associated to each factor.

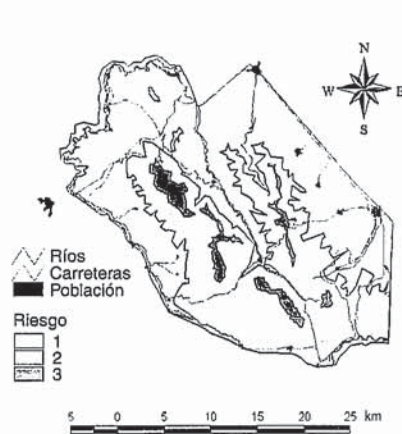


Fig. 2.- Mapa de factor altitud.

Fig. 2.- Factor map of elevation above sea level.

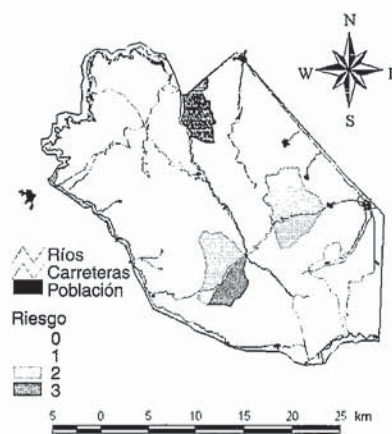


Fig. 3.- Mapa de factor orientación de las laderas altitud.

Fig. 3.- Morphology of the terrain factor map.

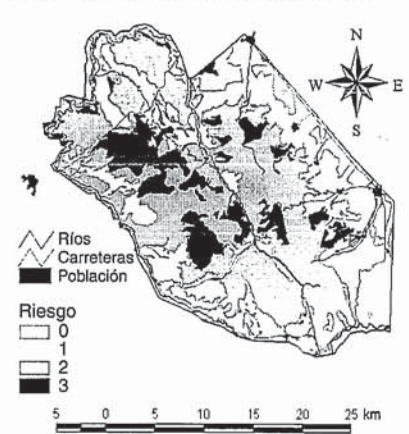


Fig. 4.- Mapa de factor cubierta vegetal

Fig. 4.- Factor map of vegetation cover.

centrales térmicas. No obstante dado que el fenómeno de la lluvia ácida es transfronterizo, cabe la posibilidad de que a medio o largo plazo terminen afectando a nuestra región; es necesario por ello la elaboración de unos mapas de vulnerabilidad a la acidificación que permitan localizar las zonas donde podría ocurrir este problema. Este tipo de mapas son frecuentes en otros países en los que la lluvia ácida si es un problema medioambiental importante, como es el caso de la república Checa (Harkl, 2001)

Aplicación a la cuenca del Río Grío

La zona seleccionada (figura 1) para la realización de estos mapas está situada en el sector Noreste de la Península Ibérica dentro del Sistema Ibérico, junto a su límite con la Cuenca Terciaria del Ebro. Comprende la cabecera del río Grío, afluente del Jalón por su margen derecha. Este río drena las sierras paleozóicas de

Vicort y Algairén (Cordillera Ibérica), formadas principalmente por cuarcitas y pizarras de edad paleozóica.

Para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad a la acidificación se ha utilizado como Sistema de Información Geográfica, el programa ARCVIEW, siguiendo una metodología basada en el estudio por separado de los diferentes factores de riesgo que controlan la acidificación (Hrkal, 2001).

La presencia de bajos valores de pH en el agua subterránea está relacionada con los aportes de ácidos, tanto los disueltos en el agua de lluvia (deposición húmeda), como los presentes en el polvo que arrastra el viento (deposición seca), y con la capacidad del terreno para neutralizar esta acidez. Los factores que controlan estos parámetros son: altitud, orientación de las laderas, extensión y tipo de cubierta vegetal, y geología. En la tabla I se pueden ver los niveles de riesgo asociados a cada uno de estos factores.

Factores de riesgo asociados a la altitud

En general el riesgo de acidificación de las aguas subterráneas aumenta con la altitud. Ésto se debe a que a mayor altura suelen ser más abundantes las precipitaciones (mayor deposición húmeda) y menor la capacidad del terreno para neutralizar esa acidez (menor el tiempo de residencia de las aguas subterráneas). La decisión de dividir la zona a estas tres cotas se ha basado en cambios en la pendiente general del área. La cota 800m se corresponde con el límite entre la zona de montaña y las depresiones del Ebro y Catalunya, mientras que la de 1100 m engloba la mayor parte de las cumbres existentes dentro del área montañosa (figura 2).

Factores de riesgo asociados a la orientación de las laderas

El análisis de la dirección predominante del viento y del relieve muestran una mayor vulnerabilidad de las laderas de barlovento a la deposición atmosférica seca y por tanto a la acidificación de las aguas subterráneas. Aunque en estas zonas de topografía abrupta los vientos suelen ser de dirección variable, el viento predominante es el Cierzo, proveniente del WNW (Faci y Bercero, 1991). En la figura 3 se puede ver el riesgo asociado a las laderas en función de su orientación.

Factores de riesgo asociados a la cubierta vegetal

La acidificación de las aguas subterráneas también depende de la extensión y tipo de cubierta vegetal. Las áreas sin cubierta vegetal y las praderas difícilmente pueden atrapar la deposición atmosférica

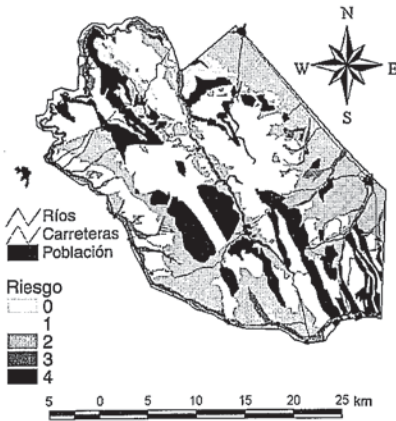


Fig. 5.-Mapa de factor geología

Fig. 5.- Factor map of geología

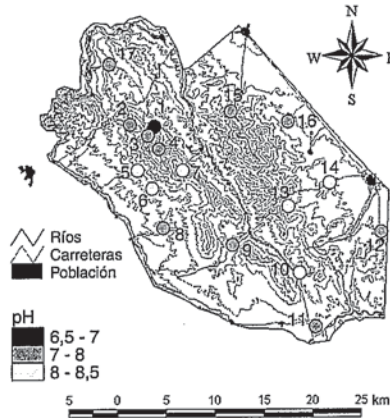


Fig. 6.-Valores de pH medidos (noviembre 2000)

Fig. 6.- pH measured values (November 2000)

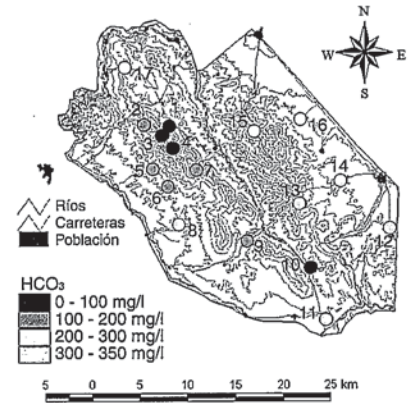


Fig. 7.-Valores de HCO₃ medidos (noviembre 2000).

Fig. 7.- HCO₃ measured values (November 2000)

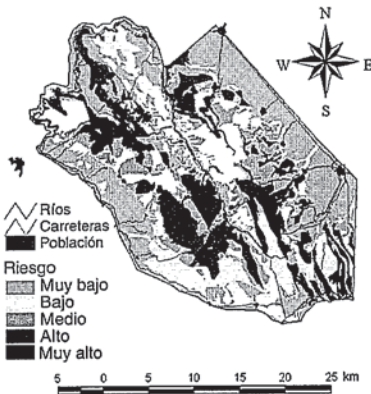


Fig. 8.-Mapa de vulnerabilidad a la acidificación de las aguas subterráneas.

Fig. 8.- Vulnerability map of groundwater to acid deposition.

rica seca, ya que la mayor parte de ésta se la vuelve a llevar el viento. Por el contrario, los bosques maduros tienen una gran superficie con la que atrapar el polvo, que más tarde es arrastrado por el agua de lluvia hacia el suelo, acidificando las aguas subterráneas. Cuanto mayor sea la densidad de la vegetación arbórea mayor será el riesgo de acidificación. Esto queda reflejado en la capa de la cubierta vegetal, para la cual se introdujeron cuatro niveles de riesgo (figura 4)

Factores de riesgo asociados a la geología

Los factores geológicos que controlan la vulnerabilidad de los acuíferos ante la acidificación son principalmente dos, la litología (posibilidad de que existan reacciones de neutralización agua ácida-roca) y la permeabilidad de los materiales (tiempo de residencia del agua en la roca). En función de estos parámetros y de la geología de la zona de estudio Olivé

et al. (1983), Hernández et al (1980) y Aragonés et al. (1981) se han definido los niveles de riesgo asociados a cada material (Fig. 5).

Conclusiones

En el mapa de vulnerabilidad a la acidificación aparecen 5 grados de vulnerabilidad (figura 8). Las áreas más vulnerables, grados 4 y 5, son aquellas en las que los riesgos individuales suman 6,6-7,8 y 7,8-11,4 respectivamente. Son generalmente, las zonas altas de las sierras, situadas sobre materiales cuarcíticos, cubiertos por bosques de coníferas, en las que se producen las máximas precipitaciones del área estudiada. En la zona del Macizo del Vicort se han medido valores de pH ligeramente ácidos, de hasta 6,6 y concentraciones de HCO₃⁻ menores de 100mg/l, indicativos de una leve acidificación de las aguas subterráneas (tabla 2 y figuras 6 y 7).

Los grados 3 (niveles de riesgo entre 5,6 y 6,6) y 2 (entre 3,8 y 5,6) representan zonas de transición con respecto a la probabilidad de que exista acidificación en el agua subterránea. Las zonas menos vulnerables, grado 1, con niveles de riesgo menor de 3,8, se caracterizan por ser áreas planas, de baja altitud, menor precipitación y sin cubierta arbórea. En general son zonas de cultivos herbáceos situadas sobre materiales detríticos terciarios de las cuencas del río Grío, Alfamén y Calatayud.

A diferencia de lo que ocurre en el Centro y Norte de Europa, donde la deposición húmeda juega un papel determinante debido a las abundantes precipitaciones, en el Sistema Ibérico, a causa de la escasez de precipitaciones, la principal causa de acidificación es la deposición seca. Por este motivo se ha otorgado un mayor peso a los factores que

Referencia	pH	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
1	6,6	75,7
2	7,2	161,1
3	7,3	70,8
4	7,7	70,8
5	8,1	118,4
6	7,9	166,0
7	8,2	106,2
8	7,3	238,0
9	7,3	140,0
10	8,2	67,1
11	7,5	327,1
12	7,4	285,0
13	8,4	280,7
14	8,1	302,7
15	7,9	177,0
16	7,0	230,5
17	7,2	224,5

Tabla II.- Mediciones en manantiales y arroyos de la zona de estudio(noviembre 2000).

Table II.- Measurements in springs and streams within the study area (November 2000).

controlan este tipo de deposición (morfología del terreno y cubierta vegetal) frente a la altitud, relacionada con la deposición húmeda.

Aunque la geología, morfología del terreno y altitud no varían con el tiempo, la cubierta vegetal si puede cambiar a lo largo del tiempo y por tanto también la vulnerabilidad total. Por este motivo es necesario realizar periódicamente mapas de vulnerabilidad que reflejen estos cambios.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado dentro del Proyecto LOWRGREP (Landscape-

use Optimization With Regards of the Groundwater Resources Protection in the mountain Hardrocks areas) financiado con fondos europeos.

Referencias

- Aragonés, E., Hernández, A., Aguilar, T. y Ramírez, J. (1981): *Mapa y memoria explicativa de la Hoja de Calatayud (409) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50000*. IGME, Madrid.
- Faci, J. y Bercero, A. (1991): *Investigación Agraria*. 6 (2), 171-182.
- Hernández, A., Aragonés, E., Aguilar, T. y Ramírez, J. (1980): *Mapa y memoria explicativa de la Hoja de La Almunia de Doña Godina(410) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50000*. IGME, Madrid.
- Hrkal, H. (2001): *Hydrogeology Journal*, 9 Issue 4, 348-357 pp. Berlín.
- Olivé, A., Del Olmo, P., Portero, J.M., Carls, P., Sdzuy, K., Collande, C.V. Kolb, S. y Teyssen, T. (1983): *Mapa y memoria explicativa de la Hoja de Paniza (438) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50000*. IGME, Madrid.
- Thunberg, B. y Hanneberg, P. (1987): *"Acidification and air pollution"*. Pb. Swedish Environmental Protection Agency. 93 pp. Solna.