

ELABORACIÓN DE UN MAPA DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE NITRATOS MEDIANTE UNA METODOLOGÍA DE ACOUPLE SIG-MODELO DE SIMULACION. APLICACIÓN AL ACUÍFERO DE LA ALDEA (GRAN CANARIA)

C. Bejarano¹, M.C. Cabrera¹ y L. Candela²

¹ Departamento de Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. ccabrera@cicei.ulpgc.es

² Departamento de Ingeniería del terreno. Universidad Politécnica de Cataluña. Lucila.Candela@upc.es

RESUMEN

La contaminación difusa constituye una de las mayores amenazas actuales para la calidad de las aguas subterráneas. Se presentan en este trabajo los estudios llevados a cabo para la realización de un mapa de vulnerabilidad en la zona de La Aldea (Gran Canaria) basado en el acople ARCVIEW-GLEAM.

Palabras clave: Contaminación difusa, nitratos, zona no saturada, Sistema de información Geográfica (SIG), Gran Canaria.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Committee of Techniques for Assessing Groundwater Vulnerability del US National Research Council (1993), se define vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas como la “tendencia o evaluación de que los contaminantes alcancen una posición específica en los sistemas de agua subterránea después de ser introducidos en la parte superficial del acuífero”. Igualmente se define en el texto 2 tipos de vulnerabilidad: específica (relativa a un contaminante específico, clases de contaminantes o actividad humana) e intrínseca, cuando no tiene en consideración los atributos y el comportamiento de un contaminante específico.

Existen diversos métodos utilizados para el análisis de la vulnerabilidad, siendo tal vez uno de los más conocidos el DRASTIC (Aller et al., 1987), método basado en la elección de parámetros considerados representativos de la valoración de la vulnerabilidad a los que se les asigna una cierta ponderación. El método ha funcionado eficientemente en la mayor parte de las zonas donde se ha aplicado, si bien está muy condicionado por los conocimientos previos que sobre la zona tiene el responsable de aplicar el método. Para evitar esta componente, y gracias a la difusión de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han realizado avances considerables en la realización de mapas de vulnerabilidad, eliminando el factor de subjetividad. Este hecho es de especial importancia para el estudio de la contaminación por actividades agrícolas, donde la componente del transporte por la zona no saturada es primordial.

El acoplamiento del modelo de transporte al SIG permite la simulación espacial de la contaminación difusa a escala local, regional o global. La utilización de un SIG permite la organización y manipulación de datos espaciales y la creación de salidas visuales de datos georeferenciados. La finalidad es la obtención de mapas mostrando la distribución espacial de un soluto a través del perfil de suelo y la carga contaminante que llega a las aguas subterráneas. En el presente trabajo se expone los estudios llevados a cabo para la aplicación de este tipo de técnicas en el acuífero de La Aldea (Gran Canaria) (Fig. 1).

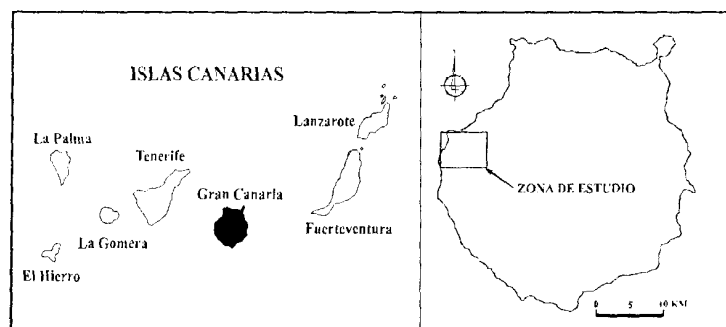


Figura 1. Mapa de situación de la zona de estudio

El valle de La Aldea, abierto hacia el Oeste de la isla y rodeado por altas montañas, está dedicado a la agricultura intensiva para la exportación, con una superficie agrícola cultivada de 799 ha y un consumo agrícola de 3, 711 hm³. El cultivo fundamental es el tomate, cuya comercialización se realiza por medio de Cooperativas o de Empresas agrícolas de cierta entidad. En menor medida, se cultivan pepinos y otros frutales tropicales. El suministro de agua está cubierto principalmente por medio de aguas superficiales, mediante la existencia de tres presas aguas arriba en el Barranco del mismo nombre. Sin embargo, la vulnerabilidad del sistema en épocas de sequía es grande y es en estos momentos cuando las aguas subterráneas adquieren mayor protagonismo.

Los primeros estudios dedicados a la contaminación agrícola en las aguas subterráneas de la zona se llevaron a cabo dentro del proyecto "Development of analytical and sampling methods for priority pesticides and relevant transformation products in aquifers" (Muñoz, Cabrera et al, 1996), dedicado al estudio de la contaminación por plaguicidas de las aguas subterráneas. Dentro de este proyecto se llevó a cabo un estudio hidrogeológico preliminar, basado en datos no publicados de un inventario exhaustivo de captaciones del Plan Hidrológico de Gran Canaria (1993). En la actualidad la zona está siendo objeto de estudio dentro del Proyecto CICYT "Estudio hidrogeológico del acuífero de La Aldea", cuyos resultados están recogidos en parte en el presente artículo.

FUNCIONAMIENTO DEL ACUÍFERO DE LA ALDEA

El modelo de flujo de la isla se puede esquematizar como un cuerpo único de agua aunque estratificado y heterogéneo en el que la recarga tiene lugar en las cumbres y la circulación hacia

la costa, con salidas intermedias en manantiales (hoy secos y substituidos por las extracciones de los pozos) y al mar, y descarga artificial por pozos. El flujo se canaliza preferentemente por los materiales más permeables próximos a la superficie (SPA-15, 1974). El Barranco, excavado en basaltos pertenecientes a la Fm. Basaltos Antiguos (14.5-14.1 Ma), presenta en su lecho una capa de conglomerados aluviales, con un espesor medio de 15-20 m.

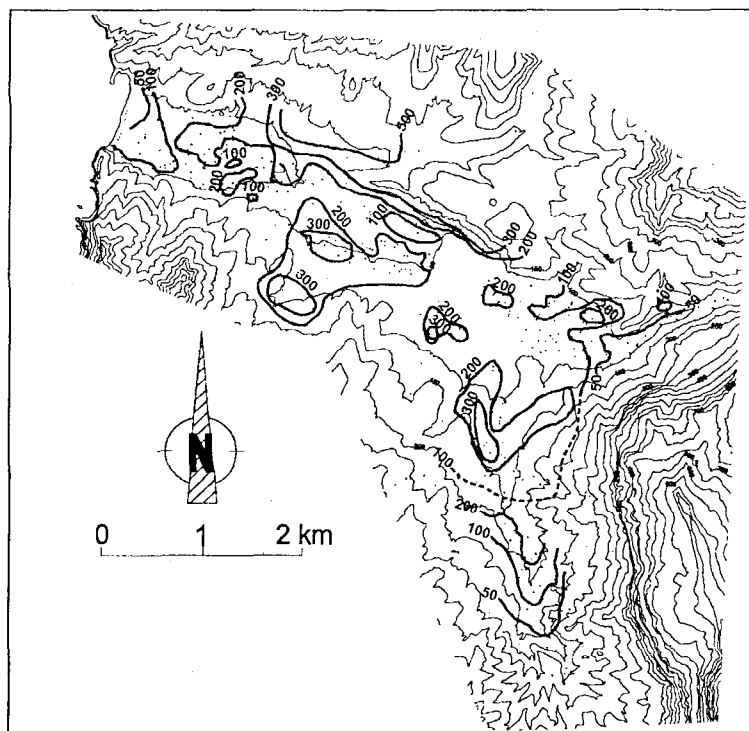


Figura 2. Mapa de contenidos en nitratos de las aguas subterráneas en el acuífero de La Aldea en el verano de 1999

Existen en la zona más de 370 pozos de gran diámetro (3-4 m), excavados a mano, con profundidades que oscilan entre los 10 y los 47 m, con una media de 22.5 m. Todos los pozos situados en la parte central del acuífero explotan agua de los conglomerados aluviales, aunque algunos atraviesan también los basaltos situados debajo, sacando agua conjuntamente de ambos materiales. El flujo se produce desde el Este al Oeste, siguiendo el Barranco, de manera que en los bordes del acuífero, los materiales basálticos ceden agua a los conglomerados. En la zona central del acuífero, se trataría de un medio de doble permeabilidad, en el que la Fm. Basaltos Antiguos funciona como un acuitardo frente a los conglomerados, que constituyen el acuífero principal (Muñoz et al, 1996), mientras que en el Barranco de Tocodomán, situado al Sur de la zona, el agua procede exclusivamente de los materiales basálticos.

Un estudio hidrogeoquímico preliminar permitió la diferenciación de varias familias de agua, correlacionándolas con los materiales de que proceden y con los procesos modificadores que pueden haber sufrido (Cabrera et al, 2000). Así, se han identificado una serie de pozos con aguas cloruradas sulfatadas sódicas y sulfatadas cloruradas sódicas situadas en zonas con explotaciones de tomates, anómalas dentro de los rangos de composición química del acuífero debido a los altos contenidos en sulfatos y en nitratos. Los contenidos en nitratos pueden alcanzar los 500 mg/l en las partes centrales del acuífero (Figura 2). Este hecho, unido a la presencia de metribuzina detectada en 1995 (Cabrera et al, 1996) permite caracterizar un acuífero con una alta contaminación por retornos de riego, idóneo para llevar a cabo la metodología a aplicar.

MAPAS DE VULNERABILIDAD BASADOS EN SIG-MODELOS ACOPLADOS

De forma muy simplificada, se puede decir que el objetivo final es relacionar bases de datos geográficas con bases de datos de atributos (en este caso hidrológicas), para obtener mapas fundamentales mediante SIG, y su posterior acople con la ejecución del modelo de simulación. Desde el punto de vista teórico, en su forma más elemental los modelos de transporte acoplados a un sistema de información geográfica (SIG) se caracterizan por la existencia de tres componentes fundamentales: datos, modelo de simulación y SIG. Cada uno de los componentes presenta una casuística particular que merece la pena destacar brevemente.

En el caso de contaminación difusa, en general se requieren datos distribuidos espacialmente, que permitan la realización de los mapas. Entre las fuentes de datos más habituales se incluyen la utilización de medidas indirectas procedentes de sensores remotos (Corwin et al., 1997); estimación de parámetros mediante técnicas de inversión o datos reales. Igualmente la geoestadística puede ser utilizada para estimar datos espaciales y su incertidumbre. Sin embargo, la forma más fácil de obtención de datos es mediante la utilización de bases de datos reales sobre propiedades básicas del suelo y propiedades hidráulicas no saturadas.

Los modelos a utilizar para el transporte a través de la zona no saturada suelen ser unidimensionales y deterministas (Corwin, 1997). El procedimiento habitual consiste en la discretización de la región de interés en una malla regular que permita el almacenamiento de sus parámetros tanto en forma vectorial o raster utilizado por el SIG seleccionado. Para una celda dada, se considera que la variabilidad del transporte horizontal es muy superior a la variabilidad vertical, por lo que se asume que el modelo de transporte vertical es tipo pistón. Así, en cada nodo se calcula la distribución de los parámetros locales de interés.

IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA DEL SIG-MODELO ACOPLADO

La metodología llevada a cabo para la obtención de un mapa de lixiviado de nitratos en la zona de estudio se resume en la Figura 3.

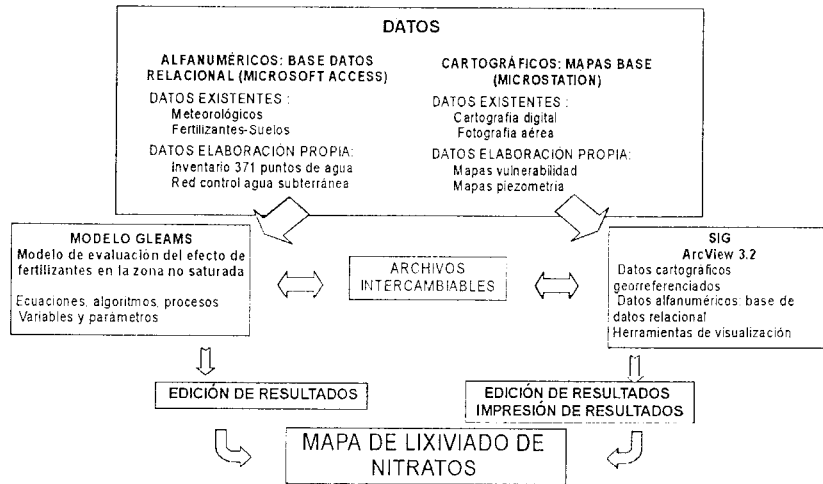


Figura 3. Esquema de flujo mostrando la metodología seguida en el trabajo

El modelo utilizado de para la zona saturada es el GLEAMS (Groundwater Loading Effects from Agricultural Management Systems) 3.0. Se trata de un modelo matemático determinístico unidimensional con una distribución agregada y de régimen transitorio, que consta de cuatro módulos: hidrología, erosión, plaguicidas y nutrientes. La simulación utilizará los módulos de hidrología y nutrientes.

La selección del modelo se realizó en función del número y disponibilidad de los datos requeridos, adaptabilidad del modelo al acople con el SIG y tiempo de cálculo necesario (Corwin, 1998; de Paz, 1999).

El SIG seleccionado es ARCVIEW 3.2, desarrollado por la empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.). Se trata de un SIG vectorial que permite la salida gráfica de alta calidad y genera estructuras de datos más compactas que los modelos raster. Este programa proporciona la capacidad de explorar, consultar y analizar datos de forma espacial, gracias a un Graphical User Interface, que permite cargar datos espaciales y tabulares (a través de bases de datos relacionales) y desplegarlos luego en mapas, tablas y diagramas. El programa da la posibilidad de personalizar sus características a través de un lenguaje de programación específico llamado AVENUE.

El sistema desarrollado se ha implementado en un ordenador Pentium III 667 con 128 MB de memoria RAM, un disco duro de 9.52 GB de capacidad de almacenamiento, con el soporte adicional de otro ordenador Pentium III 733 con 128 MB de RAM y 19.0 GB de capacidad de almacenamiento. La obtención de los mapas base partir de la cartografía digital de la zona se realizará mediante el programa Microstation SE. Los datos a relacionar contenidos en diversas tablas de Microsoft Access son: climáticos, del suelo, nitratos en el agua de riego y nitratos en las aguas subterráneas, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos presentados en esta comunicación están llevándose a cabo dentro del proyecto CICYT 1FD97-052. Agradecemos el asesoramiento del Dr. José Miguel de Paz (CIDE) durante la elaboración del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aller, L.; Bennet, T.; Lehr, J.H.; Hackett, G. (1987). DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. U.S. Environmental Agency, Ada, OK, EPA/600/2-87-036, 455 pp.
- Cabrera, M.C.; Muñoz, R.; Poncela, R.; Socorro, A.R.; Gonzalez, G.; Hernandez, F. (1996): "Metodología para el estudio de la contaminación por pesticidas en la zona no saturada y el acuífero de Gran Canaria y Tenerife (Islas Canarias)". *Geogaceta*, 20 (6), pp. 1288-1290.
- Cabrera, M.C.; Delgado Mangas, F.; Muñoz Sanz, J.; Pérez Torrado, F.J. y La Moneda, E. (2000): "Caracterización de las familias hidrogeoquímicas en el acuífero de La Aldea (Gran Canaria)". *Geotemas*, 1(2), pp. 47-50.
- Corwin D.L.; Vaughan, P.J.; Loague, K (1997): Modeling nonpoint source pollutants in the vadose zone with GIS. *Environ. Sci and Technol.* 31(8): 2157-2175.
- Corwin, D.L.; Loague, K.; Ellsworth, R. (1998): GIS-based modeling of non-point source pollutants in the vadose zone. *J. Soil Water Conservation*, 53: 34-38
- De Paz, 1999: Acople de un sistema de información geográfica con dos modelos de simulación de lixiviación de nitrato y su aplicación a una zona agrícola. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. 170 pp+ anexos.
- Muñoz, R.; Cabrera, M.C.; Hernández, F. y Socorro, A.R. (1996): "Development of Analytical and Sampling Methods for Priority Pesticides and Relevant Transformation Products in Aquifers". *Final Project Report. EU Contract EV5V-CT93-0322-Group 4.* 87 pp. + Appendix
- National Research council US (1993): Groundwater vulnerability assessment-predicting relative contamination potential under conditions of uncertainty. Committee on Techniques for Assessing Groundwater Vulnerability. National Research Council, National Academy Press, Washington DC. 204 pp.
- Plan Hidrológico de Gran Canaria (PHGC)(1992): Inventario de puntos de agua, sin publicar.
- SPA-15 (1975): Estudio científico de los recursos de agua en las Islas Canarias (SPA/69/515). Minist. Obras Públ, Dir. Gral. Obr. Hidr. UNESCO.. Las Palmas de Gran Canaria, Madrid. 3 vol.+ mapas.