

CRITERIOS HIDROGEOLOGICOS DE CARTOGRAFIA PARA LA REALIZACION DE MAPAS DE ORIENTACION AL VERTIDO. EL CASO DE LA VEGA DE GRANADA.

Por Antonio CASTILLO MARTIN* Dr. en C. Geológicas

DISCUSION

Dadas las especiales características de la contaminación de acuíferos, y de su difícil, costosa y larga regeneración, las medidas anticontaminación deben ser especialísimamente protectoras y preventivas. Sin embargo, con desgraciada frecuencia, los problemas de contaminación de acuíferos son conocidos y admitidos como hechos consumados, sobre los que la mayor parte de la investigación desarrollada lo único que hace es ponerlos de manifiesto. Muy necesarios son estos estudios, pero poco terreno se le podrá ir ganando a la contaminación, si no ocurre más bien lo contrario, si paralelamente no se estimula y desarrolla una importante labor preventiva, apoyada en las investigaciones correspondientes y dotada de las medidas legislativas oportunas. Es de suponer, por sentido común, que estas investigaciones irán en aumento, siguiendo el ejemplo de otros países y dominios de La Ciencia.

En esta línea, quizás el primer paso a dar, en la prevención de la contaminación hídrica de un territorio o país, sea el de dotarlo de una cartografía adecuada al respecto, que lo proteja de vertidos contaminantes en aquellos puntos o sectores donde se muestra más vulnerable. Este último término ha dado nombre al tipo de cartografía comentado, que habitualmente es conocida como de vulnerabilidad a la contaminación de las aguas (también de orientación al vertido).

Los mapas que recogen este espíritu de cartografía cubren hoy día la mayor parte de los países de la Europa Occidental, no teniendo homólogos en España, si exceptuamos a los que actualmente elabora el IGME (Ministerio de Industria y Energía), denominados de "Orientación al vertido de residuos sólidos urbanos", de los que hay publicadas muy pocas hojas, a escala 1:50.000, del territorio nacional. A este respecto, no existe una normativa oficial sobre la elaboración de mapas de vulnerabilidad a la contaminación, si se exceptúa la que

* Departamento de Hidrogeología de la Universidad de Granada y Departamento de Investigaciones Geológicas del C.S.I.C.
(Artículo transcrito parcialmente de la Tesis Doctoral del autor)

está siguiendo el IGME, para la realización de los mapas anteriormente comentados (IGME, 1977). Este vacío de criterios es la causa de que cada uno de los profesionales que se dedican al estudio y gestión del agua estén confeccionando mapas de vulnerabilidad, a partir de leyendas internacionales (ALBINET y MARGAT, 1970), a medida de los informes y estudios correspondientes, o bien de forma "sui generis".

No obstante, esta disparidad de criterios desgraciadamente poco importa en la realidad, si tenemos en cuenta que en España, hoy por hoy, las normativas de vertidos, perímetros de protección, vigilancia, depuración, etc, no existen o son bastante ineficaces. Bajo esta situación, los mapas de vulnerabilidad, que van mucho más allá en el espíritu anticontaminación, sólo son "útiles" a nivel informativo, dado el mínimo poder vinculativo que realmente poseen.

Sin embargo, a pesar de esta desalentadora realidad, era obligado reservar un gran espacio, dentro de este artículo, al comentario de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas del acuífero de La Vega de Granada. Este aspecto se ha resuelto, básicamente, con la realización de cuatro mapas complementarios, referentes a la peligrosidad al vertido por distintas causas (figuras 1 a 4).

Espéremos que lo expuesto sirva para tener más presente el grave riesgo que se corre de contaminar al acuífero de La Vega de Granada, a través de vertidos, fugas y accidentes inoportunos, de los que, desgraciadamente, ya poseemos ejemplos, algunos muy recientes.

EL CASO DEL ACUIFFERO DE LA VEGA DE GRANADA

Tratar sobre el tema de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas del acuífero de La Vega de Granada, y, consecuentemente, realizar mapas de peligrosidad al vertido de su superficie, quizás sea un poco "rizar el rizo", ya que por definición se trata de un área

de altísimo riesgo a la contaminación, en la que, bajo ningún concepto, salvo el de aceptar "a priori", que tarde o temprano se va a producir una contaminación, deben realizarse vertidos contaminantes incontrolados y directos. Pero ya que la realidad nos muestra que los vertidos se producen (aguas residuales urbanas e industriales, abonos, pesticidas...), los mapas de peligrosidad al vertido elaborados (figuras 1 a 4), servirán, al menos, para conocer, según las áreas, las características de la contaminación que puedan producir los mismos.

Al margen de esta posible misión informativa "postcontaminación", que esperemos nunca lleguen a cumplir, y sí la de prevención, ha sido grato abordar este apartado, por el excelente soporte de datos hidrogeológicos de que se ha dispuesto, que muy difícilmente se hallarán en otras áreas. Para éstas, que serán mayoría, habrá que seguir recurriendo a los criterios de vulnerabilidad clásicos, derivados del comportamiento hidrogeológico de los materiales que afloran en superficie.

Para la caracterización de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero, se ha hecho uso de la siguiente información y material hidrogeológico:

- a) Mapa piezométrico
- b) Mapa de isoespesor no saturado
- c) Mapa de isoespesor saturado
- d) Mapa de permeabilidad (horizontal)
- e) Valoración de la distribución de permeabilidades verticales.
- f) Mapa hidro-litológico.

Los criterios de definición de la peligrosidad al vertido, o vulnerabilidad a la contaminación, han sido cuatro, para los que se han realizado los mapas de distribución correspondientes (figuras 1 a 4), cada uno de los cuales muestra la cartografía correspondiente a las tres escalas cualitativas de peligrosidad consideradas.

No ha sido nuestro objetivo establecer parámetros de estimación

cuantitativos, que, por otra parte, hubieran requerido del conocimiento previo de las características y tipos de la contaminación particular producida.

A continuación pasamos a comentar, rápidamente, los criterios de definición a los que se ha aludido.

- a) "Afectabilidad" (1.-baja, < 33 %; 2.-media, 33-66 %; 3.-alta, > 66 %).

Hace referencia al impacto, según la superficie de acuífero potencialmente contaminable, que una contaminación tendría, en un caso ideal y extremo, aguas abajo del punto de vertido. Según este criterio, es más vulnerable, para la integridad de la calidad de las aguas del acuífero, el sector oriental, de alimentación (cabecera), que el occidental, de descarga (salida).

La distribución espacial de los grados de "afectabilidad" distinguidos, que puede observarse en el mapa de la figura 1, ha sido realizada utilizando un mapa piezométrico del acuífero de La Vega de Granada.

- b) *Poder de autodepuración y tiempo de llegada del contaminante a la franja saturada* (1; alto; 2.-medio; 3.-bajo).

En este mismo criterio están recogidos dos aspectos que van íntimamente relacionados, pudiendo considerarse, para el acuífero de La Vega de Granada, como uno solo. Tanto el poder de autodepuración, como el tiempo empleado por el contaminante en llegar a la franja saturada, son directamente proporcionales a la potencia de espesor no saturado y al contenido medio en minerales de la arcilla presentes.

Una distribución espacial de los diferentes grados diferenciados para este criterio, puede observarse en el mapa de la figura 2.

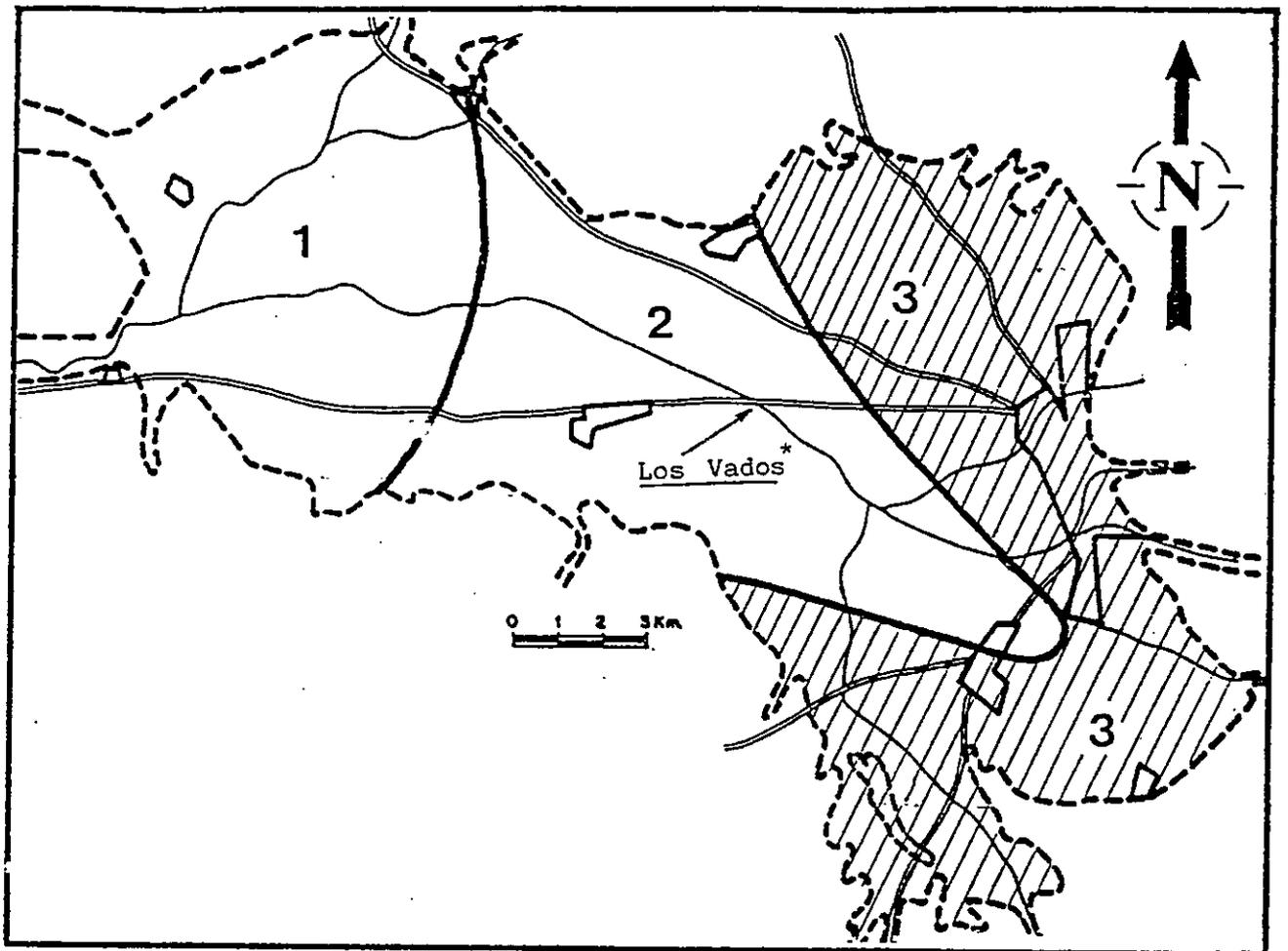


Figura 1 .- Distribución espacial de los grados de "afectabilidad" a la contaminación de las aguas del acuífero de La Vega de Granada (1.-baja; 2.-media; 3.-alta).

La misma ha sido elaborada a partir de un mapa de isoespesor no saturado (PNUD-FAO, 1.972; CASTILLO, 1.984) y de la cartografía, aproximada, de los niveles arcilloso-conglomeráticos superficiales del Cuaternario medio y antiguo.

c) *Velocidad de propagación y dispersión del contaminante* (1.-baja; 2.-media; 3.- alta. Eventualmente la escala puede invertirse).

Se trata de un criterio sobre el que no puede establecerse, de forma general, en qué sentido crece su peligrosidad, como más adelante se comentará.

Hace referencia a la rapidez con que una "mancha" contaminante

se propaga y dispersa dentro de la franja saturada del acuífero, considerando, para ello, que lo hace, aproximadamente, a la misma velocidad que el agua (lo cual es una aproximación válida, aunque una estimación cuantitativa precisaría conocer de qué tipo de contaminante se trata).

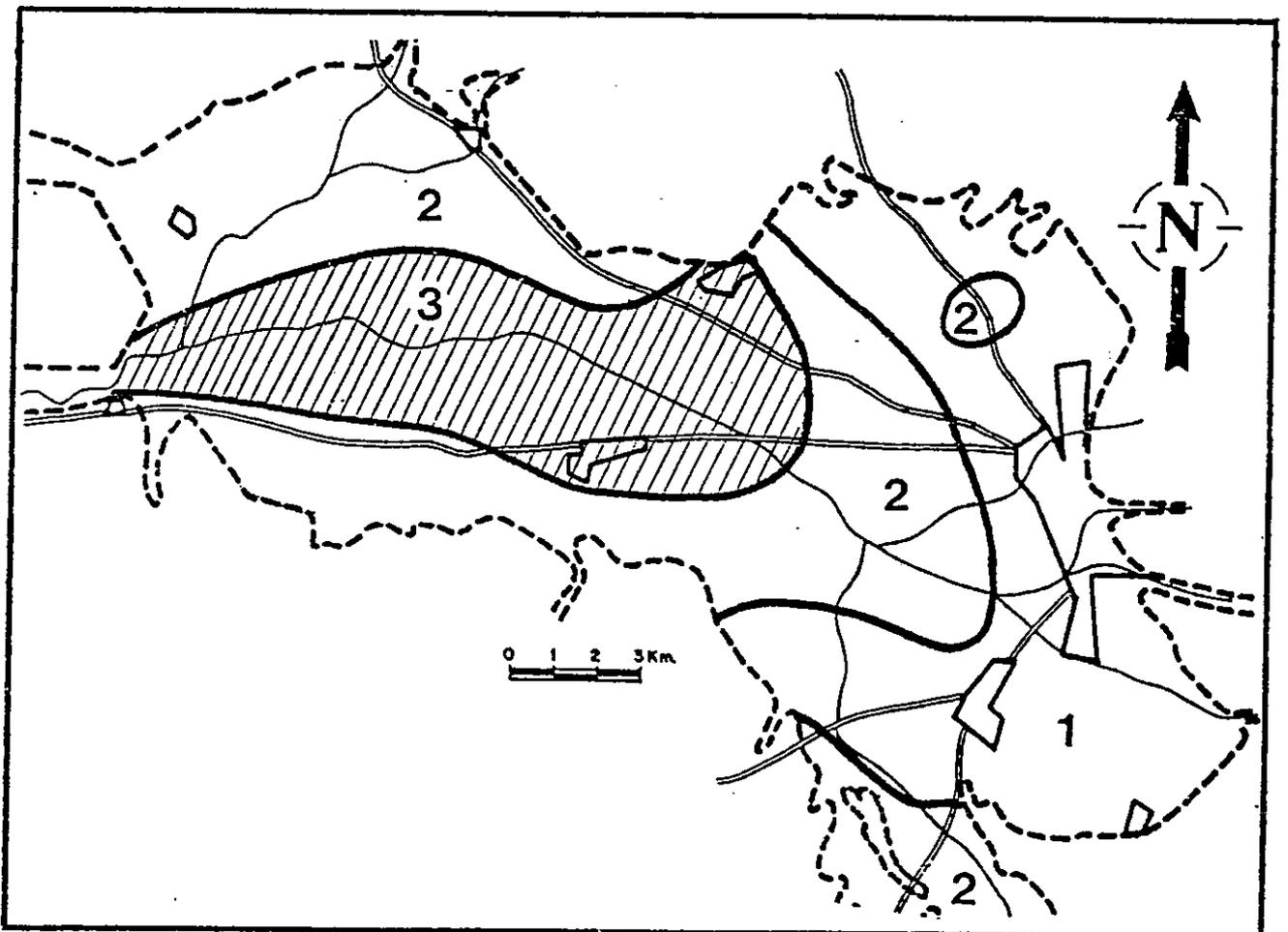


Figura 2 .- Distribución espacial de los diferentes grados de poder de depuración y tiempo de llegada del contaminante a la franja saturada del acuífero de La Vega de Granada (1.- alto; 2.-medio; 3.-bajo).

Este hecho, que es normalmente perjudicial, ya que puede alterar las calidades de uso de las aguas de una amplia superficie del acuífero, antes de haber dado tiempo a una acción descontaminante, es positivo (por lo que la escala de criterio reseñada se invertiría), cuando se trata de contaminaciones poco importantes y/o poco tóxicas,

en cuyo caso el efecto de propagación y dispersión sería depurador, al rebajar las concentraciones por debajo de límites inconvenientes.

La distribución espacial de los diferentes grados de velocidades de propagación y dispersión considerados, puede ser observada en el mapa de la figura 3. La distribución de velocidades se hizo teniendo en cuenta los factores que determinan la misma, y que son la permeabilidad horizontal y el gradiente hidráulico, el cual depende, a igualdad de permeabilidad, del caudal circulante y de la sección disponible (los cuales definen, en último caso, la velocidad de propagación). Por este motivo, fueron utilizados los mapas de permeabilidad horizontal (a partir del correspondiente a la transmisividad), de curvas isopiezométricas y de isoespesor saturado (a partir del informe PNUD-FAO, 1.972, en CASTILLO, 1.984) —————. De

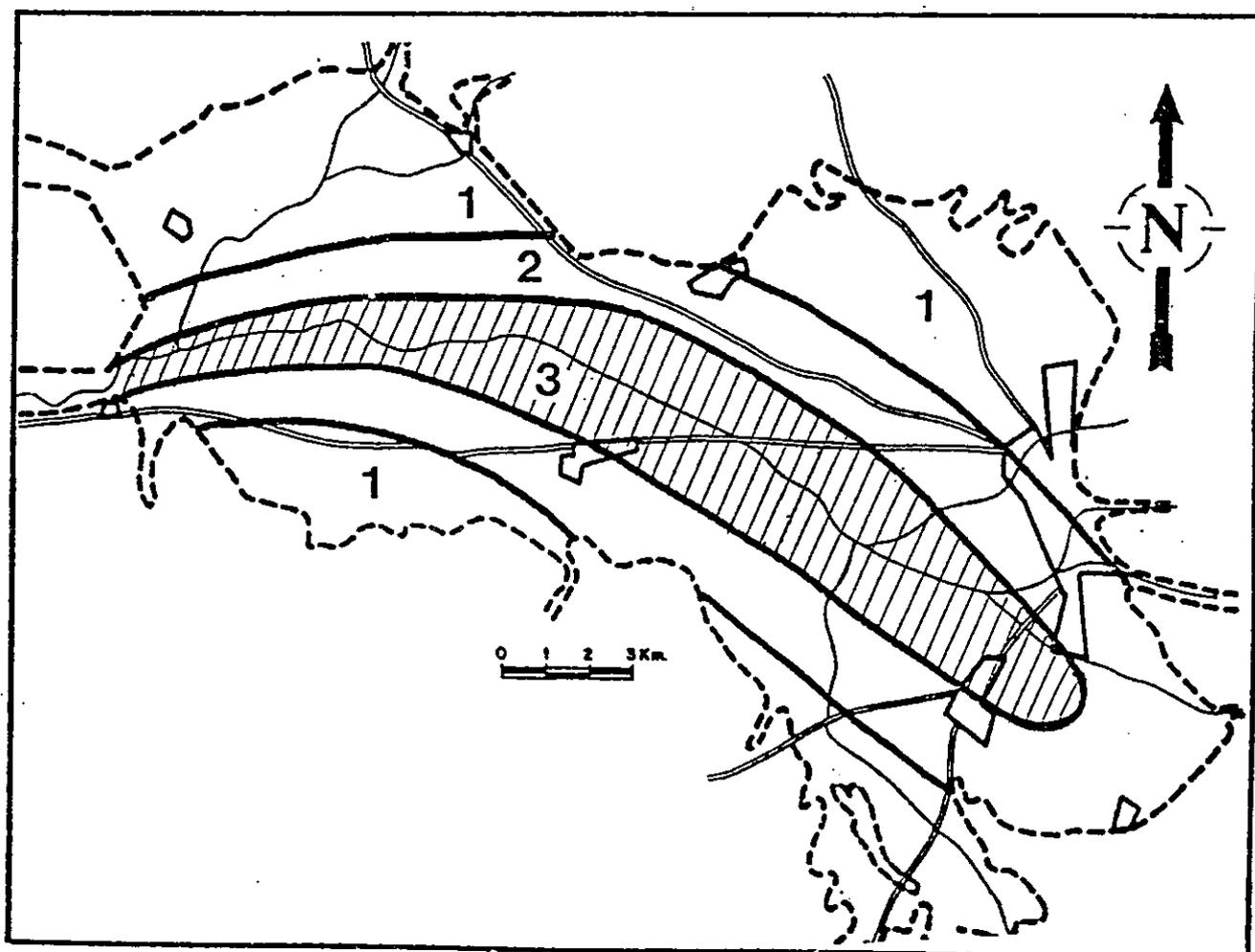


Figura 3 .- Mapa de velocidad de propagación y dispersión del contaminante en la franja saturada del acuífero de La Vega de Granada (1.- baja; 2.- media; 3.- alta).

este último se tuvieron en cuenta las distintas secciones de flujo, responsables, según los caudales circulantes supuestos, de una mayor o menor velocidad y dispersividad de los contaminantes cuestionados.

b) *Posibilidad de descontaminación* (1.-alta; 2.-media; 3.-baja)

Por último, la peligrosidad al vertido, o vulnerabilidad a la contaminación de las aguas del acuífero, dependerá, también, de la posibilidad de una actuación descontaminante, a la que pueda recurrirse "in extremis". Partiendo de la base de que esta se hará, normalmente mediante bombeo del agente introducido (e incluso a través de la inyección de disolventes, acomplexantes...), se tuvieron en cuenta la permabilidad horizontal y la velocidad de propagación pre-

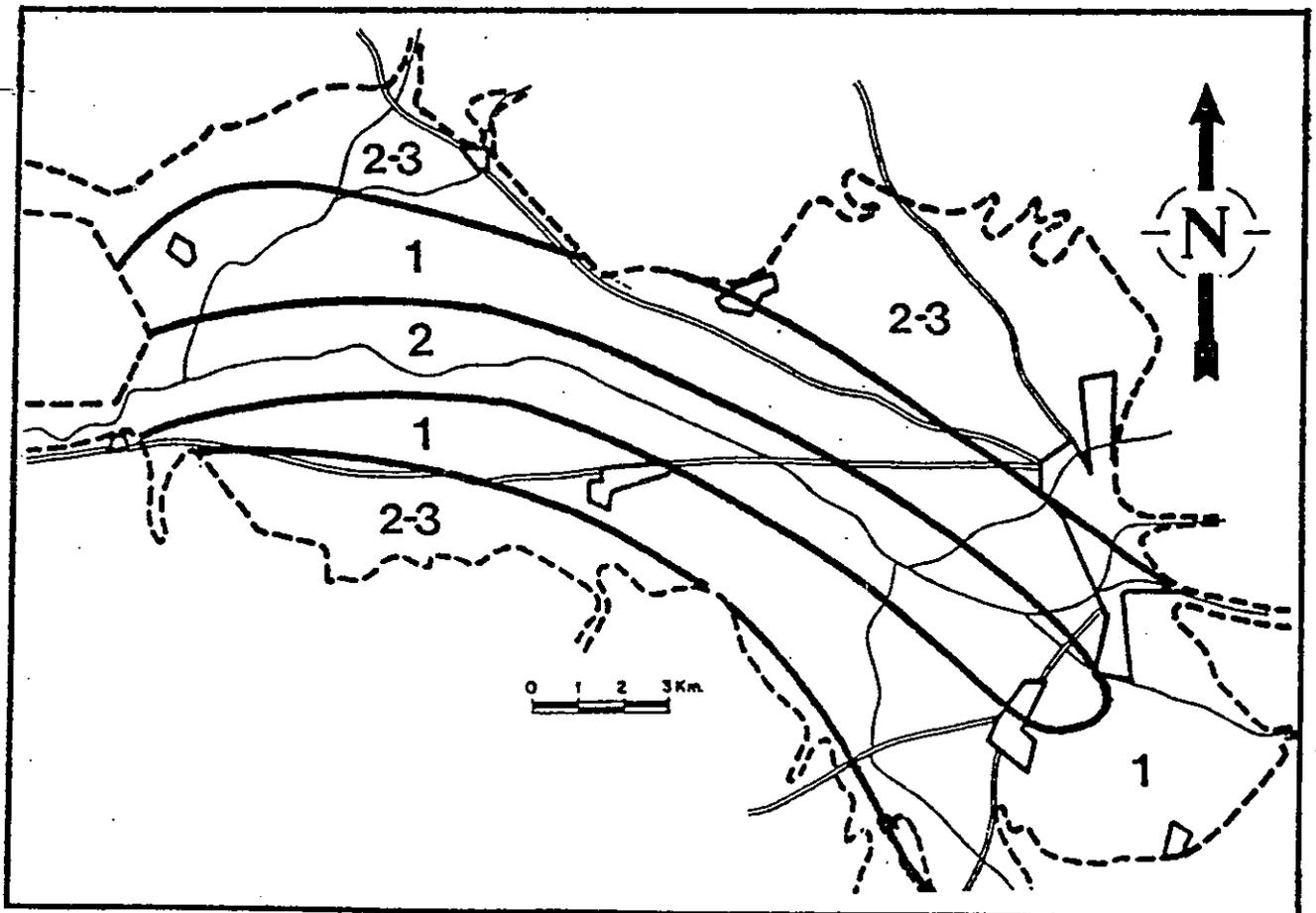


Figura 4.- *Distribución espacial de áreas con similares posibilidades de descontaminación de las aguas del acuífero de La Vega de Granada (1.-alta; 2.-media; 3.-baja).*

sentos (que no necesariamente van correlacionadas). Según estos parámetros, la situación más favorable a una acción descontaminante sería aquella en la que existiera una alta permeabilidad, conjugada con una baja velocidad de flujo. Atendiendo a este criterio se elaboró el mapa de distribución espacial correspondiente, el cual puede ser observado en la figura 4.

Para una caracterización global de la peligrosidad al vertido, o vulnerabilidad a la contaminación de las aguas, de un punto cualquiera de la superficie del acuífero de La Vega de Granada, bastaría con atribuirle el valor cualitativo correspondiente (1, 2 ó 3) a cada uno de los cuatro criterios de evaluación anteriormente expuestos. Para ello, habría, previamente, que situar dicho punto sobre los cuatro mapas de vulnerabilidad realizados al respecto (figuras 1 a 4).

De forma muy aproximada, y atendiendo a la valoración global de los criterios de evaluación comentados, puede caracterizarse la peligrosidad al vertido, o vulnerabilidad a la contaminación de las aguas, de un punto cualquiera de la superficie del acuífero, supuesta siempre una vulnerabilidad de base alta, como sigue:

Valoración	Caracterización
de 4 a 6	ALTA
de 7 a 9	MUY ALTA
de 10 a 12	EXTREMADAMENTE ALTA

Peligrosidad o vulnerabilidad

La situación más desfavorable correspondería a la siguiente caracterización ideal: "afectabilidad", alta; poder de autodepuración y tiempo de llegada del contaminante a la franja saturada, bajo; velocidad de propagación y dispersión del contaminante, alta; y posibilidad de descontaminación, baja. Esta situación tan extrema, que vendría valorada con un 12 (3, 3, 3 y 3), no llega a darse en ningún punto del acuífero de La Vega de Granada.

Los sectores más desfavorables, con calificación global de 10, serían los situados a lo largo del río Genil, entre el puente de los Vados y el cortijo del Zahorí (en Santa Fe). Por el contrario, las áreas menos vulnerables, serían las de Valderruñó (valor 5), Aeropuerto (valor 7) y Fuente Vaqueros-Láchar (valor 9), este último incluido, no por su valor globalizado, que es alto, sino por su mínima afectabilidad sobre el acuífero (sector de descarga).

Finalmente, y para una mejor asimilación del método de caracterización de la vulnerabilidad a la contaminación propuesto, se expone la correspondiente a un punto cualesquiera de la superficie del acuífero, que, a título de ejemplo, situamos idealmente sobre el puente de Los Vados*. La valoración y caracterización correspondiente sería la siguiente:

a) "Afectabilidad"	2
b) Poder de autodepuración y tiempo de llegada del contaminante a la franja saturada	3
c) Velocidad de propagación y dispersión del contaminante	3
d) Posibilidad de descontaminación	2
<u>Valoración global</u>	<u>10</u>

Caracterización: vulnerabilidad a la contaminación del acuífero
EXTREMADAMENTE ALTA.

REFERENCIAS

- ALBINET, M. y MARGAT, J. (1970). Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine. Bull. BRGM (2e série). 4.pf 13-22.
- CASTILLO MARTIN, A. (1984). Estudio Hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada. T. Doct. (inéd.) Univ. Granada. 568 pág.
- IGME (1977). Vertido de residuos sólidos. Normas para la confección de mapas de orientación. Madrid. 32 p.
- PNUD/FAO (1972). Utilización de las aguas subterráneas para la mejora del regadío en La Vega de Granada (informe nº 2). Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir. 204 p. Madrid.

* (Ver figura 1)