

CASTILLO, A.; CAÑADA, P. y SÁNCHEZ-FRESNEDA, V. (1983)
"Un ejemplo de contaminación urbana y agrícola en el acuífero de la Vega Alta de Padul
(Granada)"
(III Simposio de Hidrogeología) Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, VIII: 457-467

III SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGÍA

UN EJEMPLO DE CONTAMINACION URBANA Y AGRICOLA EN EL ACUIFERO DE LA VEGA ALTA DE PADUL (GRANADA)

Antonio CASTILLO MARTIN * Lcdo. en C. Geológicas
Pascual CANADA GOMEZ * Lcdo. en C. Geológicas
Vicente SANCHEZ FRESNEDA ** Doctor en C. Geológicas

RESUMEN

Se aborda un caso típico de contaminación urbana y agrícola en un acuífero detrítico. Se cuantifican las posibles fuentes contaminantes; para lo que se realiza un estudio del nitrógeno total aportado por las aguas negras de la población de Padul y por las labores de abonado. Se presentan los valores analíticos obtenidos en los diferentes muestreos para los contenidos de nitratos y nitritos, y se discuten sus posibles orígenes, a la vez que se aportan las diferentes consideraciones y conclusiones que para los autores sugiere este estudio.

RESUME

On étudie un cas typique de contamination urbaine et agricole dans un aquifere détritique. Les sources potentielles de contamination sont quantifiées; pour cela on étudie l'azote total apporté par les eaux usées du village de Padul et par les activités agricoles. Les teneurs en nitrates et nitrites des échantillons sont présentées, et leurs origines discutées, ainsi que les différentes considérations et conclusions suggérées aux auteurs par cette étude.

1 - INTRODUCCION

El estudio se ha localizado en un sector del acuífero detrítico cuaternario de la vega de Padul (Granada). Un esquema con la situación geográfica del sector estudiado puede observarse en la figura 1.

El acuífero detrítico cuaternario de la vega de Padul, recibe el agua de los acuíferos carbonatados del Triás circundantes, y corresponde al relleno reciente de una depresión intramontañosa ubicada dentro de las Cordilleras Béticas. Toda esta depresión se comporta hidrogeológicamente como un área de descarga de los acuíferos carbonatados del Triás antes mencionados des-carga que supera los 800 l/s.

* Departamento de Hidrogeología. Univ. Granada. Sección de Hidrogeología del Centro Coordinado del CSIC.

**Centro de Análisis de Aguas, S.A. Murcia.

El hecho de producirse esta gran descarga y de existir dentro de ella un importante yacimiento de turba, en expectativa de explotación, ha motivado que haya sido un área apetecible para realizar sobre ella estudios hidrogeológicos (CASAS, 1975, ENADIMSA, 1979 y 1980, CASTILLO, 1982...), algunos de los cuales puso de manifiesto una posible contaminación urbana y agrícola en la parte alta del acuífero. Sobre esa pista y teniendo en cuenta el gran uso que se hace del agua de este acuífero, los autores de este trabajo decidieron afrontar monográficamente el tema, cuyo resultado y discusión son tratados a continuación.



FIGURA 1.- Localización geográfica del área estudiada.

2 - METODOS DE TRABAJO

Basándonos en el gran conocimiento hidrogeológico que sobre la zona se tenía y en todos los datos necesarios para conocer el funcionamiento hidráulico del sistema, se afrontó en noviembre de 1981 el estudio de los contenidos en nitratos y nitritos de las aguas del acuífero en su parte alta. Se tomaron muestras de 26 puntos (22 pozos y sondeos y 4 manantiales) homogéneamente repartidos dentro del sector estudiado, muestreo que fue repetido justo un año después. En ninguna de las captaciones de las que se tomó muestra existía aprovechamiento de la misma y el agua fue recogida mediante hidrocaptor del segundo metro de agua libre. Todas las muestras fueron fijadas preceptivamente y analizadas por uno de nosotros (V.S.F.) en el Centro de Análisis de Aguas, S.A. (Murcia). Los resultados obtenidos de estos muestreos están reflejados en los mapas de isocontenidos en nitratos y nitritos, que se pueden observar en las figuras 2 y 4.

A partir de los valores obtenidos y de las representaciones de isocontenidos subsiguientes, se abordó la discusión e interpretación correspondiente, la cual es tratada con más detalle en los puntos 4 y 5 del presente trabajo.

El estudio se ha fundamentado complementariamente en el levantamiento de isopiezas (ENADIMSA, 1980) y de los isoespesores no saturados (CARADA, 1982), del sector de acuífero estudiado. Asimismo, se ha dispuesto de los datos de precipitación y de la evolución piezométrica semanal del acuífero a partir de dos piezómetros del mismo.

Apoya finalmente este estudio, un balance aproximado del nitrógeno total introducido en el suelo y en el acuífero, por las aguas residuales urbanas y labores de abonado respectivamente.

3 - FUENTES DE CONTAMINACION

3.1 - Aguas residuales urbanas

Las aguas residuales de la población de Padul constituyen hace unos años una importantísima fuente de contaminación, suponiendo el 70 % de los 17.000 Kg de nitrógeno total aportado anualmente, de forma artificial, al acuífero.

Padul, con una población estable de 6.500 habitantes, tiene una producción media diaria de aguas residuales de 1.300 m³. Este volumen de agua de desecho es evacuado en la actualidad, por una reciente red de saneamiento, que entró en funcionamiento en el año 1980, forzada por la alarma de grave contaminación creada en el sector ahora estudiado. Gracias a esta red de saneamiento han dejado de utilizarse todos los pozos negros que cada vivienda poseía y que eran las vías de drenaje de las aguas residuales urbanas, antes de existir la red de saneamiento actual, la cual reúne todas las aguas en un único colector que, aunque va sin revestir, no recarga en este sector al acuífero.

Como dato complementario y habida cuenta de la imposibilidad de determinar la cuantía de las pérdidas de la actual red de saneamiento, se hace a continuación una discusión del total de nitrógeno que era aportado hace unos años por la población de Padul a través de sus aguas residuales.

Según la American Chemical Society (cita en bibliografía), en base a estudios estadísticos realizados en aguas residuales de poblaciones de Estados Unidos, cabe admitirse que un efluente urbano contiene una sobredosis, respecto al agua inicial, de 25 mg/l de media, de nitrógeno total, parte del cual se encuentra en forma orgánica, parte en forma amoniacal y parte en forma oxidada como nitratos y nitritos. Según este dato, se puede estimar que la cantidad anual de nitrógeno, aportada hace unos años por la población de Padul a través de sus aguas residuales al acuífero, fue de 12.000 Kg (sin tener en cuenta las posibles deducciones posteriores por depuración y filtración del acuífero).

3.2 - Fertilizantes agrícolas nitrogenados

Los fertilizantes agrícolas tienen por misión suministrar a la planta los elementos más necesarios para su crecimiento, los cuales son el nitrógeno, fósforo y potasio.

Los compuestos nitrogenados son los nutrientes más importantes desde el punto de vista de contaminación de las aguas subterráneas, debido a la gran solubilidad de los nitratos, los cuales puede decirse que se comportan como verdaderos trazadores si las circunstancias son favorables.

En este apartado se expone un balance aproximado del nitrógeno total aportado por las labores de abonado. Se ha estimado asimismo la retención media del mismo por los diferentes tipos de cultivo (según DOMINGUEZ, 1978), con lo que se llega a cuantificar al fin, de forma muy aproximada, la cantidad de nitrógeno total que quedaría disponible (en forma de nitrógeno nítrico, NO₃⁻), al año, para ser lixiviada por el agua de lluvia o de irrigación.

El sector sobre el que se ha efectuado el balance de nitrógeno total aportado por las labores de abonado y de su retención por los diferentes tipos de cultivo, tiene una superficie próxima a las 100 Ha (1 Km²), superficie que puede considerarse cubierta en sus 2/3 partes por cultivos de maíz y de remolacha y en el tercio restante por vid y olivar.

Después de realizar diversas encuestas por parcelas de cultivo, "in situ", sobre el abonado que se hacía y de requerir el asesoramiento de los técnicos de Extensión Agraria que llevaban la región, se obtuvieron las siguientes cifras:

- Cantidad de abono vertido (Kg/año)..... 123.000
- Proporción y tipos de abono utilizados
 - . compuesto y complejo (al 15 % de N) 80 %
 - . nitratos amónicos y nitrosulfatos (al 26 % de N) 10 %
 - . sulfato amónico (al 20 % de N) 5 %
 - . resto 5 %
- Cantidad de nitrógeno total vertida (Kg/año)..... 21.000
- Cantidad de nitrógeno total retenida por los diferentes tipos de cultivo (Kg/año), según DOMINGUEZ (1978)..... 16.000
- Cantidad de nitrógeno total excedente, dispuesto para ser lixiviado por las aguas de infiltración (Kg/año).. 5.000

Como conclusión a este estudio, se puede decir que existe un excedente anual de 5.000 Kg de nitrógeno total, que se produce por una falta de adecuación entre las necesidades de la planta y las dotaciones de abono que se le suministran, de los cuales, aunque en un principio las 3/4 partes corresponden a nitrógeno amoniacal y el cuarto restante a nitrógeno nítrico, es de suponer que en un proceso natural de oxidación, todo corresponderá con el tiempo a nitrógeno nítrico (NO₃⁻), cuya fácil solubilidad es el principal riesgo del excedente de nitrógeno estimado.

4 - CONTAMINACION POR NITRATOS

4.1 - Resultados obtenidos

A partir de los valores obtenidos en los muestreos de noviembre de 1981 y 1982, se elaboraron los mapas de isocontenidos correspondientes, los cuales pueden observarse en la figura 2. Se aprecia en ellos una extraordinaria similitud, la cual se pone de manifiesto, además, en el mapa de isodiferencias en nitratos (figura 3-A), donde los valores más altos no superan, como máximo, los 15 mg/l, para los mismos puntos.

El intervalo de valores de concentración obtenidos, es amplio, y oscila entre 5 (punto n° 13, noviembre de 1982) y 142 mg/l (punto n° 6, noviembre de 1982). El máximo de concentración se localizó en el punto número 6, con 127 y 142 mg/l, para los muestreos de 1981 y 1982, respectivamente, el cual se localiza inmediatamente al Suroeste de Padul, dentro de una franja de alta anomalía positiva, de dirección E-W (ver figura 2).

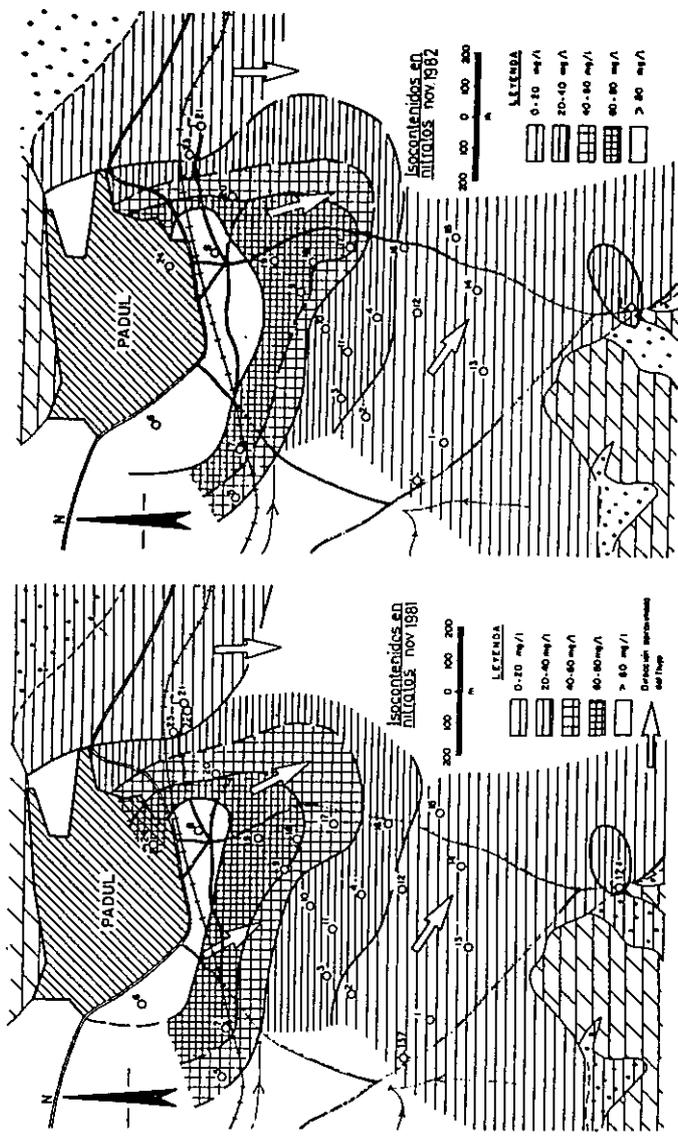


FIGURA 2.- Mapas de isocontenidos en nitratos (noviembre de 1981 y 1982).

Hacia el Sur de Padul y teniendo a este como centro, se aprecia una acusada disminución de las concentraciones, de tipo perirradial, la cual se produce en el sentido del flujo subterráneo. Esta disminución no es uniforme, presentando un lóbulo de menor gradiente en la dirección NW-SE, el cual indica, en principio, una dirección de mayor transmisividad, dentro del acuífero, hecho que se ratifica con el mapa de curvas isopiezas (figura 3-B), donde el mismo sector se manifiesta como un eje de drenaje.

4.2 - Discusión de los resultados

Los nitratos se pueden encontrar en el agua, fundamentalmente, por disolución de rocas que los contengan, o por procesos de contaminación. A partir de los análisis de 47 manantiales (CASTILLO, 1982), no influenciados por ningún tipo de contaminación, y localizados en el entorno inmediato del área de estudio, se determinó el fondo regional en nitratos, el cual fue de 15 mg/l, de media. Por tanto, las concentraciones en nitratos registradas en los muestreos realizados, corresponden en su mayor parte a los efectos de una contaminación. Si se observan los mapas de isocontenidos (figura 2), se puede generalizar, que en todo el área que no posee trama de rayado horizontal, las aguas subterráneas tienen contenidos por encima de los máximos admitidos por la OMS.

La distribución espacial de los contenidos en nitratos, proporciona información inequívoca acerca de los posibles focos de contaminación. Se observa, así, que el principal foco contaminante, es el de las aguas residuales urbanas de la población de Padul, dado el carácter envolvente de las líneas de isocontenidos sobre la población. Esta contaminación debe ser el resto de la grave situación producida años atrás, cuando no existía la actual red de saneamiento, y todas las aguas residuales eran evacuadas a partir de los pozos negros que cada vivienda poseía.

La cantidad de nitrógeno total, responsable de esta contaminación, estaba próxima a los 12.000 Kg anuales (apartado 3.1). Se asegura que debe ser el resto de una contaminación pasada, porque en la actualidad existe una red de saneamiento que dirige todas las aguas negras fuera del sector estudiado, y todos los pozos negros han dejado de utilizarse; sin embargo la situación observada en noviembre de 1982, en comparación con la correspondiente a la del año 1981, da que pensar sobre posibles fugas importantes de la red de saneamiento, ya que en general los contenidos aumentan en el entorno más próximo a Padul (ver mapa de isodiferencias, figura 3-A), cuando lo lógico hubiera sido suponer una disminución o como máximo una estabilización.

Así como una contaminación de tipo urbano, ha sido puesta claramente de manifiesto, y es la responsable de la particular disposición que presentan las líneas de isocontenidos, aparece enmascarada una contaminación de tipo agrícola, la cual cuenta con un aporte anual de nitrógeno de 5.000 Kg (apartado 3.2). Este hecho tiene su explicación en el posible efecto de "pantalla" que produce la contaminación de tipo urbano, más importante que la agrícola, la cual ha tenido, además, el handicap, de la falta de lluvias, que pudieran haber introducido el excedente de nitrógeno, producto del abonado, en el acuífero.

A pesar de todo, existen claros indicios de contaminación exclusivamente agrícola. Los mapas de isocontenidos en nitritos (figura 4), muestran una anomalía positiva en el centro de la vega, que parece deberse a las labr

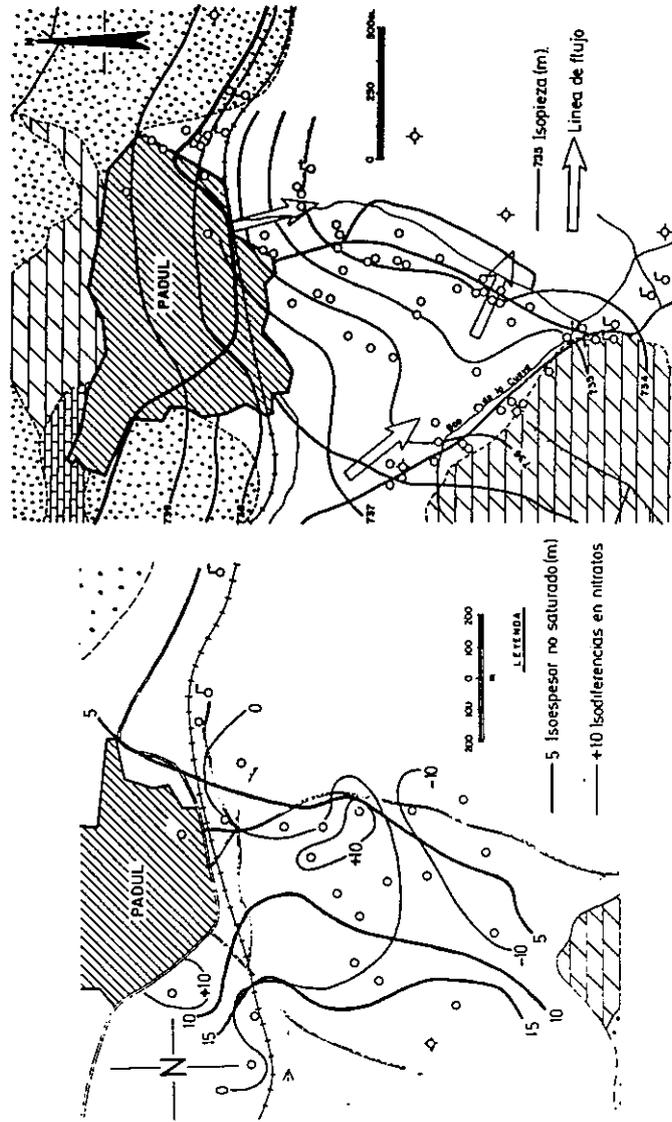


FIGURA 3.- A. Mapa de isodiferencias en nitratos (mg/l) y espesor de la zona de aireación.
 B. Mapa de curvas isopiezas (tomado de ENADINSA, 1980).

de abonado, hecho que se discutirá en el punto siguiente. De igual forma al realizar el mapa de isodiferencias de contenidos en nitratos (figura 3-A), se observa que mientras en la mitad norte del área de estudio aparece un incremento de contenidos, en la mitad sur, lo que existe es una disminución; todo ello respecto del segundo muestreo (noviembre de 1982). Estas fluctuaciones en caso de haberse producido únicamente como consecuencia de variaciones en los aportes del foco de contaminación urbano, serían positivas o negativas, pero en todo el sector, lo que nos indica que existe, además, un aporte de nitrógeno nítrico procedente de las labores de abonado.

Conjuntamente con las curvas de isodiferencias en nitratos, se representan las de isoespesores no saturados (zona de aireación), para el mes de octubre de 1982 (CANADA, 1982); como puede observarse, la zona de aireación aumenta de potencia hacia el Oeste, por lo que no puede considerarse como la causa de las fluctuaciones reseñadas, encontradas entre los dos muestreos, las que consideramos son debidas, principalmente, a variaciones locales de la cantidad y tipo de abonos empleados, a la frecuencia de riego y a la diferente retención ejercida por los distintos tipos de cultivos existentes, ya que el resto de las variables que podrían influir en una desigual percolación del nitrógeno debido a las labores de abonado, como las precipitaciones, temperaturas, procesos de desnitrificación, composición litológica del subsuelo, etc..., pueden considerarse homogéneas para todo el sector estudiado.

5 - CONTAMINACION POR NITRITOS

5.1 - Resultados obtenidos

A partir de los valores obtenidos en los dos muestreos realizados, se elaboraron los mapas de isocontenidos correspondientes, los cuales pueden observarse en la figura 4. Se aprecia entre ellos una gran similitud, al igual que ocurría en los correspondientes a los nitratos.

El muestreo de noviembre de 1981, dió siete puntos con contenido positivo, mientras que en el de 1982, sólo dieron positivos seis, sin embargo, en este segundo muestreo los contenidos fueron más altos que los encontrados para los mismos puntos en el muestreo anterior, superando ampliamente el miligramo por litro, y siguiendo la misma tónica, de alza relativa, que la registrada para los contenidos en nitratos.

Se diferencian para ambos muestreos dos sectores de anomalía positiva, uno localizado inmediatamente al Sur de la población de Padul (puntos nº 7, 8, 20 y 24), y otro localizado en el centro de la vega (puntos nº 2, 11, 12, 13 y 17).

5.2 - Discusión de los resultados

Si comparamos los mapas de isocontenidos en nitritos, con los correspondientes a nitratos, se verá que no existe correlación, salvo en el área más próxima a Padul, en donde coinciden los mayores contenidos en nitratos y nitritos. El contenido anómalo en nitritos encontrado en el centro de la vega no coincide con ningún máximo en el contenido en nitratos; esto puede tener su explicación si admitimos que se trataría de un nitrógeno nítrico procedente de la oxidación incompleta del nitrógeno orgánico o amoniacal original, pro-

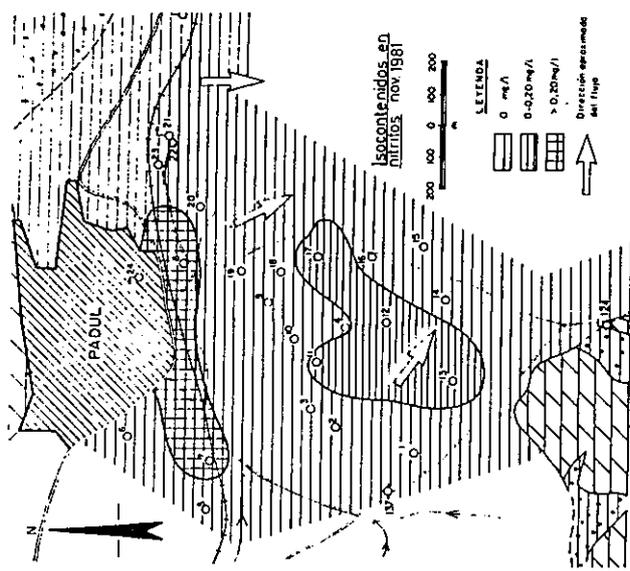
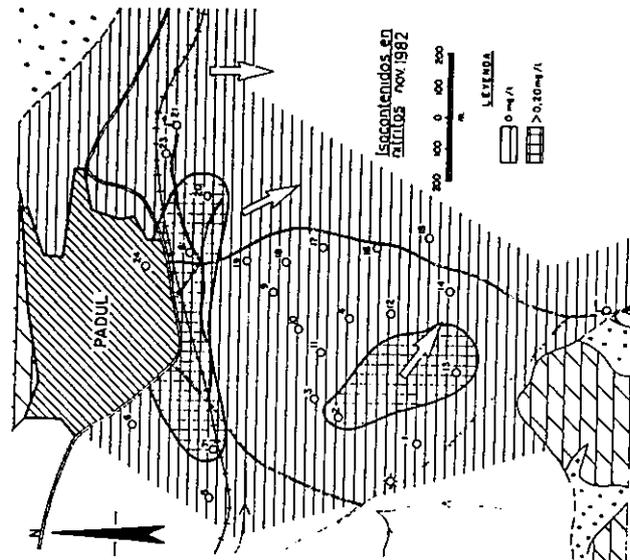


FIGURA 4.- Mapas de isocentenas en nitritos (noviembre de 1981 y 1982).

cedente de las labores de abonado, y que tendrá su máxima concentración en un área similar a la aquí discutida. Esta mayor concentración del nitrógeno orgánico o amoniacal, no sería suficiente, por procesos de adsorción vegetal y dilución, para dar una anomalía positiva en el contenido en nitratos, mucho más alto hacia el Norte, por una contaminación de aguas residuales de la población de Padul.

La anomalía positiva de nitratos localizada inmediatamente al Sur de Padul, tendría el mismo origen que la de nitratos, es decir, las aguas residuales de la población.

CONCLUSIONES

- Se ha detectado una contaminación por nitratos y nitritos, en la parte alta del acuífero detrítico cuaternario de la vega de Padul. La contaminación aumenta, de Sur a Norte, localizándose los mayores contenidos en el borde Sur de la población de Padul.
- El origen de esta contaminación, está fundamentalmente ligada a los vertidos líquidos urbanos de la población de Padul, los cuales suponían un aporte anual, antes de existir la actual red de saneamiento, de 12.000 Kg de nitrógeno total.
- Aparte de esa fuente de nitrógeno proveniente de las aguas residuales de la población de Padul, existe un excedente de nitrógeno total de 5.000 Kg/año, procedente de las labores de abonado.
- La contaminación puesta de manifiesto en los mapas de isocontenidos de nitratos y nitritos parece deberse al resto, aún no depurado ni lavado, de la que debió existir cuando no se disponía de red de saneamiento y los residuos líquidos urbanos eran evacuados a través de pozos negros; aunque parece seguro que se estén produciendo fugas en la actual red de saneamiento, y la situación actual se deba a un efecto mixto.
- A la contaminación urbana se suma una contaminación de tipo agrícola, que no se pone de manifiesto en los mapas de isocontenidos en nitratos, enmascarada por la anterior, más importante; ayuda a este hecho el no haber existido precipitaciones de consideración que habrían podido lavar el nitrógeno total excedente de las labores de abonado.
- No se ha detectado una total correlación entre los contenidos en nitratos y nitritos en el sector estudiado; lo cual podría deberse al distinto origen de ambos. Mientras que los nitratos indican, fundamentalmente, una contaminación urbana y las curvas de isocontenidos circunscriben la población de Padul, los nitritos, localmente puestos de manifiesto en el centro de la vega, son consecuencia de una oxidación incompleta del nitrógeno amoniacal, contenido en el nitrosulfato amónico, con el que se abona en exceso el área sobre la que aparece la anomalía.
- Las representaciones de isocontenidos en nitratos, ponen de manifiesto unas direcciones de flujo subterráneo que coinciden con las observadas de los levantamientos de isopiezas. En términos generales, podemos afirmar

que se trata de un caso de contaminación puntual (núcleo urbano de Padul), que debido a la solubilidad del ión nitrato, avanza en el sentido de circulación del agua subterránea.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. (1969). *Cleaning Our Environment. The Chemical Basis for Action.* Washington, D.C.
- CARADA, P. (en elaboración). "Estudio Hidrogeológico de los yacimientos de turba de Padul". Informe interno. Univ. Granada.
- CASAS, D. (1975). "Hidrogeología del valle de Lecrín". Tesis Licenciatura (mem. inédita). 165 Pág. Univ. Granada.
- CASTILLO, A. (1982). "Estudio Hidroquímico de la Depresión de Padul". Tesis Licenciatura (mem. inédita). Univ. Granada.
- DOMINGUEZ VIVANCOS, A. (1978). "Abonos Minerales". Publicación nº5 de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura. Madrid, 20.
- ENADIMSA. (1979 y 1980). "Investigación de carbón en Arenas del Rey y Padul". Plan Energ. Nacional (inédito). Madrid.