

Consta de una parcela de 19.000 m<sup>2</sup> y un caudal medio de agua residual de 0.04 hm<sup>3</sup>/año, que supone una carga hidráulica de 2.1 m/año, perfectamente asumible por este cultivo.

Los árboles están plantados en caballones y el riego se realiza en surcos, evitando encharcamientos prolongados. Durante los meses de otoño, y mientras perdura la hoja, se evita el riego por el riesgo de arranque de pies a causa del viento. Durante este tiempo se realiza una circulación del agua en canales externos a la chopera, donde sufre un proceso de depuración por infiltración y oxigenación de la materia orgánica, aunque a un nivel inferior al que se realiza el resto del año.

Actualmente se están realizando las obras del canal de pretratamiento por lo que se riega con el agua residual bruta. Los análisis químicos de las residuales determinan un agua de calidad aceptable para el riego de estas especies, no planteando hasta el momento problemas de salinidad o toxicidad por concentraciones elevadas de algún elemento; muy al contrario, las carga orgánica que recibe el agua potable es beneficiosa para el cultivo no necesitando abonado extra.

Los datos más representativos de la calidad del agua de entrada para riego son los siguientes (Diputación Provincial-ITGE, 1993)

Conductividad	670 microS/cm
Cloruros	32 mg/l
Sodio	45 mg/l
Boro	0.3 mg/l

Las características físico-químicas del suelo son favorables para el establecimiento de choperas, como así lo demuestra la abundancia de este cultivo en la zona. Se trata de un suelo con textura franco arenosa y un espesor aproximado de un metro, con una buena capacidad de infiltración.

La idoneidad del cultivo en estas condiciones de suelo y riego queda patente con la observación del estado de la plantación, sin enfermedades y con un crecimiento muy adecuado. Pero el funcionamiento del filtro verde habría que evaluarlo cuando finalice la construcción del sistema de pretratamiento, lo que supondrá un nivel de depuración previo a la aplicación al terreno que mejorará los resultados actuales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cánovas Cuenca, J. (1990): Calidad agronómica de las aguas de riego. S.E.A. Madrid, 53 pp.
- DIPUTACION PROVINCIAL DE GRANADA-ITGE (1993): Plan director de depuración de aguas residuales de la provincia de Granada. Tomo 1.-Memoria. Inédito, 386 pp.
- ITGE (1991): Estudio de los recursos disponibles y la evolución piezométrica para la mejora de los riegos en la zona nº 15 de Alicún de Ortega-Dehesas de Guadix. Documento interno, 39 pp.
- ITGE (1994): Experiencias en relación con la utilización del terreno como depurador natural. Documento interno, 73 pp.
- Montoya Oliver, J. M. (1988): Chopos y choperas. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 124 pp.
- Padró Simarro, A. y Orensanz García, J. (1987): El Chopo y su cultivo. Secr. Gen. Técnica Ministerio Agricultura, Madrid, 446 pp.

- CASTILLO, A.; MARTÍNEZ CARMONA, N. y PULIDO BOSCH, A. (1995) "Cuantificación del nitrógeno aportado por fertilizantes al acuífero de la Vega de Granada" Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, XX: 467-479

## CUANTIFICACION DEL NITROGENO APORTADO POR FERTILIZANTES AL ACUIFERO DE LA VEGA DE GRANADA

CASTILLO MARTIN, Antonio<sup>(1)</sup>; MARTINEZ CARMONA, Néstor y PULIDO BOSCH, Antonio<sup>(2)</sup>

- (1) Instituto Andaluz de Ciencias de La Tierra (CSIC-Univ. Granada). Fac. Ciencias. Avda. Fuentenueva, s/n. 18071 Granada
- (2) Departamento de Geodinámica (Univ. Granada). Fac. Ciencias. Avda. Fuentenueva, s/n. 18071 Granada

## RESUMEN

Las cuantificaciones del nitrógeno aportado por fertilizantes al acuífero de la Vega de Granada, para la media del cuatrienio 1980-83 y para el bienio 1993-94, reflejan una ligera disminución en el aporte total. Esta disminución, de 4.450 a 4.316 t N/año, se ha debido, fundamentalmente, a un descenso del 20% de la superficie de cultivo total (teniendo en cuenta las rotaciones por campaña) obtenida para 1993-94. Entre las causas de este descenso estaría la menor disponibilidad de aguas de riego por sequía, junto a una menor rentabilidad agrícola, todo ello con respecto a la situación de 1980-83. Sin embargo, las dosis de nitrógeno aplicadas crecieron en un 6%, y se sitúan en el momento actual en torno a los 230 kg N/ha/año. Las dosis aplicadas por tipos de cultivos son equivalentes a las empleadas en otras áreas de clima similar, así como a las establecidas como necesidades nutritivas para los cultivos considerados. El riego con aguas subterráneas, con 40 mg/l de nitratos de concentración media, así como con aguas residuales, en sustitución de aportaciones superficiales, con bajos contenidos en nitratos, puede incrementar en un futuro las concentraciones en nitratos. Ello es un riesgo para los abastecimientos urbanos que captan al acuífero, entre ellos el de Granada capital.

## INTRODUCCION

### Encuadre hidrogeológico

El acuífero detrítico de la Vega de Granada (sistema nº 32/1, IGME) está enclavado en el interior de la depresión intramontañosa de Granada, en el ámbito geológico de las Cordilleras Béticas (figura 1). El clima del área es moderadamente continental, con influencia mediterránea. La pluviometría y temperatura medias anuales son de 450 mm y 15 °C, respectivamente.

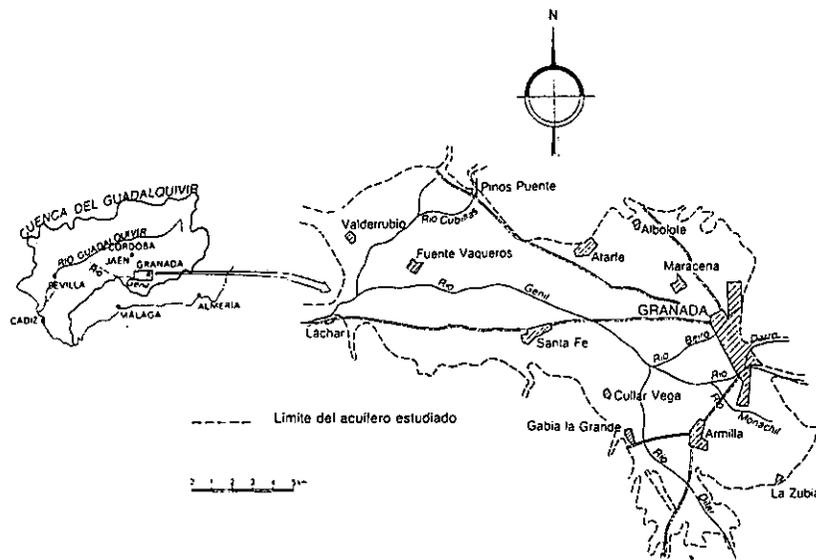


Figura 1.- Localización geográfica del acuífero de la Vega de Granada

El embalse subterráneo subyacente es uno de los más importantes de Andalucía, al poseer unos recursos medios de 180 hm<sup>3</sup>/año y unas reservas explotables del orden de 1.000 hm<sup>3</sup>. El material acuífero está constituido por alternancias de gravas, arenas y limos, con progresivo predominio de la fracción arcillosa hacia los bordes, y se extiende sobre una superficie de 200 km<sup>2</sup>, llegando a alcanzar en algunos puntos espesores próximos a 300 m (FAO/IGME, 1972; Castillo, 1986; ITGE, 1989...).

Las aguas subterráneas presentan, a nivel general, una calidad aceptable para los usos habituales, con un promedio de sales disueltas de 1 g/l y facies bicarbonatada cálcica. Existen, no obstante, aumentos locales de salinidad relacionados con procesos de lixiviación de formaciones evaporíticas de borde (Castillo, 1986; Castillo y Sanchez, 1994). Los procesos contaminantes más destacables están en relación con los fertilizantes químicos aplicados y con los vertidos al acuífero de aguas residuales urbanas.

#### Procesos contaminantes y aportes de nitrógeno

Entre los procesos contaminantes existentes, el más extendido y relevante-sobretudo por su afección a la calidad de las aguas para consumo humano- es el

originado por el empleo de fertilizantes, principal fuente de aporte de los nitratos contenidos en las aguas del acuífero. Es oportuno recordar que el 95% de la superficie del acuífero (algo más de 19.000 has) está dedicada a cultivos de regadío, bajo los que, además, el espesor no saturado es inferior a 25 m en más del 50% de su extensión. Los estudios realizados (Castillo y Fernández-Rubio, 1985; Castillo, 1986) indican que los fertilizantes constituyen cerca del 75% de la fuente de nitrógeno antrópico (alrededor de 4.500 t/año) que recibe el sistema de la Vega de Granada. No es relevante, sin embargo, la concentración de plaguicidas hallada en las aguas subterráneas, los cuales no suponen, en el momento actual, ningún riesgo sanitario.

Las aguas residuales urbanas vertidas a la Vega de Granada (unos 30 hm<sup>3</sup>/año) constituyen la otra fuente principal del nitrógeno recibido por el sistema. Castillo (1986) estimó que estos vertidos aportaban al sistema en torno al 25 % del nitrógeno antrópico (unas 1.500 t/año, cifra equivalente a un aporte específico de 4 kg N/hab/año). Asociado a estos vertidos, en 1989 se detectó una moderada contaminación microbiológica (presencia de coliformes y estreptococos fecales) en el 20% de las muestras de aguas subterráneas analizadas; las afecciones se relacionaron muy directamente con filtraciones en redes, vertidos a pozos negros y riego con altas dotaciones con aguas residuales brutas, o insuficientemente depuradas. Los aportes de nitrógeno procedentes de la cabaña ganadera estabulada son muy poco relevantes frente a los expuestos anteriormente para fertilizantes y aguas residuales urbanas, habiéndose estimado su contribución en unas 90 t N/año (Marín, *et al.*, 1983; IGME, 1983).

Tampoco es especialmente preocupante la contaminación industrial, debido al escaso volumen y baja toxicidad de los vertidos generados, si bien a nivel puntual existen ciertos problemas de metales pesados. Muy notorias, pero poco significativas a escala del acuífero, afortunadamente, han sido algunas contaminaciones por hidrocarburos (y otros productos líquidos) originadas por fugas de depósitos y conducciones, lo cual, circunstancialmente, puede representar un serio contratiempo, de costosa y lenta recuperación, para abastecimientos urbanos próximos.

Así pues, el empleo de fertilizantes y el vertido de aguas residuales urbanas totalizan un aporte de nitrógeno conjunto a la Vega de Granada del orden de 6.000 t/año. Dicho aporte es el responsable principal del incremento de la concentración en nitratos de las aguas del acuífero, que siendo para la media de las aguas de alimentación al acuífero de la Vega de Granada de 8 mg/l, pasan dentro del mismo a poseer valores de concentración media en torno a los 40 mg/l; en algunos sectores, incluso, se han llegado a medir valores de hasta 250 mg/l (Castillo, 1986 y 1994; Castillo y Sanchez, 1991).

Las aguas subterráneas se utilizan mayoritariamente en el riego (19.000 ha). No obstante, y a pesar del uso agrícola mayoritario, cada día cobra mayor protagonismo el abastecimiento urbano; la población equivalente abastecida hoy día con aguas subterráneas va en continuo aumento, y es ya de 50.000 habitantes,

sin considerar a otros 200.000 (290.000 x 0,7) adicionales de la ciudad de Granada, abastecidos durante el verano del 95 complementariamente (en un 70%) a partir de varios sondeos de emergencia realizados en el acuífero de la Vega de Granada.

En la situación actual, y previsiblemente futura, de escasez de recursos hídricos, este acuífero representa una reserva estratégica de gran importancia para la garantía en el abastecimiento del área metropolitana de Granada. Por ello, y ante lo limitado de los recursos disponibles, los esfuerzos prioritarios deben dirigirse en conservar, y si es posible mejorar, la calidad de las aguas para el consumo humano.

El presente artículo es una contribución a esta línea, y su objetivo ha sido el de caracterizar con mayor precisión los aportes de nitrógeno por fertilizantes al acuífero, responsables principales del incremento en nitratos de las aguas subterráneas, y de la pérdida de calidad de las mismas para abastecimiento humano.

#### CUANTIFICACION DEL NITROGENO APORTADO POR FERTILIZANTES

La cuantificación del nitrógeno aportado por fertilizantes en un territorio concreto es tarea laboriosa y complicada, frecuentemente sujeta a sensibles errores; estos proceden en muchas ocasiones de una incorrecta estimación de las dotaciones fertilizantes aplicadas, así como de imprecisiones en las superficies y tipos de cultivos realmente fertilizados. La laboriosidad de los procesos de cuantificación, generalmente basados en encuestas sobre el terreno, han extendido las estimaciones a partir de dotaciones "teóricas", obtenidas en trabajos experimentales, muchas veces no extrapolables y, por tanto, no suficientemente contrastadas y válidas a nivel "local".

En este trabajo se exponen dos cuantificaciones del nitrógeno aportado por fertilizantes para el acuífero de la Vega de Granada, realizadas a partir de encuestas directas, al tiempo que se discuten brevemente los resultados obtenidos y se comparan con algunos de los consultados en bibliografía.

#### Cuantificación realizada para el periodo 1980-83

La primera cuantificación fue realizada en la Tesis Doctoral de Castillo (1986), quién obtuvo la información de partida de la Jefatura del Servicio de Extensión Agraria en Granada y de algunos expertos locales.

Como primer paso, hubo que conocer la relación tipos de cultivos-superficies medias por campaña para el periodo 1980-83; para ello se tuvieron en cuenta los cambios y las rotaciones anuales de cultivo, así como los porcentajes de barbecho. En la tabla 1 (columna A) se exponen las superficies medias obtenidas para los principales tipos de cultivos. Los más extendidos fueron los intensivos de choperas,

con 2.600 has, y los de campaña de trigo, maíz y tabaco, con 6.400, 4.500 y 2.500 has, respectivamente. La suma de superficies obtenidas por campaña fue de 27.500 has, si bien la superficie útil de regadío fue de solo 19.000 has; la diferencia entre ambos valores fue debida a la rotación de cultivos por campaña. Entre las alternativas de cultivos más utilizadas estuvieron las siguientes: a) trigo-cebolla ó ajo ó patatas-maíz; b) trigo-ajo ó tabaco-maíz ó tabaco.

	A (1980-83)	B (1993-94)
<b>A) LEÑOSOS</b>		
CHOPERA	2.600	2.000
FRUTALES,...	600	3.200
<b>B) HERBACEOS</b>		
TRIGO	6.400	3.000
MAIZ	4.500	1.700
TABACO	2.500	2.300
HORTALIZAS	2.000	1.700
AJO	1.400	1.100
CEBOLLA	1.000	500
PATATA	1.000	1.100
CEREAL DE FORRAJE	1.000	900
ALFALFA	1.000	800
HABA	800	300
JUDIA	500	100
BEZA-AVENA	200	100
OTRAS	2.000	2.000
<b>TOTAL</b>	<b>27.500</b>	<b>21.800</b>

Tabla 1.- Superficie (ha) por campaña de los principales tipos de cultivos de la Vega de Granada

El paso siguiente consistió en establecer las dotaciones y tipos de fertilizantes nitrogenados empleados por cultivo, unidad de superficie y campaña. En la tabla 2 se expone dicha información para los principales tipos de cultivos de la Vega de Granada, con detalle de las correspondientes dotaciones anuales de nitrógeno, dietas de fertilizantes-tipo empleadas, y épocas de aplicación.

Teniendo en cuenta la distribución areal de cultivos por campaña (tabla 1, columna A) y las dotaciones medias de nitrógeno aplicadas a los mismos (tabla 2), se calculó un aporte bruto de nitrógeno de 4.450 t/año, equivalente a una dotación

promedio para el acuífero de la Vega de Granada (19.000 ha) de 234 kg/ha/año. Dicho aporte se desglosó por épocas del año, en atención a las fechas de aplicación de las diferentes dietas fertilizantes empleadas. En la tabla 3 (columna A) se muestra el desglose correspondiente, en el que destacan las aportaciones de primavera, que supusieron el 59% del total.

CULTIVOS	Dotación N (kg/ha)	Dietas fertilizantes	Épocas de aplicación
TRIGO	56 78	700 kg/ha de 8-15-15 300 kg/ha de 26% N	Invierno Primavera
MAIZ	160 91	800 kg/ha de 20-10-5 350 kg/ha de 26% N	Primavera Verano
CHOPO	82		Primavera
TABACO	135 78	900 kg/ha de 15-15-15 300 kg/ha de 26% N	Primavera Verano
HORTALIZAS	78 104	300 kg/ha de 26% N 400 kg/ha de 26% N	Primavera Verano
AJO	105 78	700 kg/ha de 15-15-15 400 kg/ha de 26% N	Invierno Primavera
CEBOLLA	105 104	700 kg/ha de 15-15-15 400 kg/ha de 26% N	Primavera Verano
PATATA	135 104	900 kg/ha de 15-15-15 400 kg/ha de 26% N	Invierno Primavera

Tabla 2.- Dotaciones anuales de nitrógeno, dietas fertilizantes-tipo empleadas y épocas de fertilización para los principales tipos de cultivos de la Vega de Granada. Media del periodo 1980-83 (Castillo, 1986)

	A (1980-83)	B (1993-94)
INVIERNO	756 17%	734 17%
PRIMAVERA	2.626 59%	2.417 56%
VERANO	1.068 24%	1.165 27%
OTOÑO	---	---
TOTAL	4.450	4.316

Tabla 3.- Distribución, para las distintas estaciones del año, del nitrógeno aportado (en t) por fertilizantes en la Vega de Granada

#### Cuantificación realizada para el periodo 1993-94

Con un procedimiento semejante al seguido por Castillo (1986), Martínez (1995; inédito) realizó una nueva cuantificación del nitrógeno aplicado por fertilización, esta vez para el periodo 1993-94. Para la obtención de las superficies de cultivo se consultaron los datos estadísticos por municipios de la Cámara Agraria Provincial, ajustándose posteriormente las superficies a la extensión del acuífero de la Vega de Granada.

En la tabla 1 (columna B) se muestran las superficies promedio obtenidas para los principales cultivos. En esta ocasión, la superficie total equivalente obtenida fue de casi 22.000 ha, todo ello para una superficie de regadío útil de 19.000 ha. La disminución de la superficie equivalente obtenida, respecto de las 27.000 ha del periodo 1980-83, posiblemente fue debida al acusado periodo de sequía del bienio 1993-94, junto a un descenso de las rentabilidades agrícolas.

CULTIVOS	Dotación N (kg/ha)	Dietas fertilizantes	Épocas de aplicación
TRIGO	71 99	475 kg/ha de 15-15-15 380 kg/ha de 26% N	Invierno Primavera
MAIZ	142 148	950 kg/ha de 15-15-15 570 kg/ha de 26% N	Primavera Verano
CHOPO	82		Primavera
TABACO	142 99	950 kg/ha de 15-15-15 380 kg/ha de 26% N	Primavera Verano
HORTALIZAS	128 124	855 kg/ha de 15-15-15 475 kg/ha de 26% N	Primavera Verano
AJO	71 80	475 kg/ha de 15-15-15 380 kg/ha de 21% N	Invierno Primavera
CEBOLLA	71 80	475 kg/ha de 15-15-15 380 kg/ha de 21% N	Primavera Verano
PATATA	142 99	950 kg/ha de 15-15-15 380 kg/ha de 26% N	Invierno Primavera

Tabla 4.- Dotaciones anuales de nitrógeno, dietas fertilizantes-tipo empleadas y épocas de fertilización para los principales tipos de cultivos de la Vega de Granada. Media del periodo 1993-94

Para la estimación de los tipos de fertilizantes, dotaciones y fechas de aplicación por cultivos se encuestó a distribuidores locales de fertilizantes y a personal técnico de la administración agraria. El resultado obtenido puede

observarse en la tabla 4, en la que se expone, para los principales tipos de cultivos, la dotación anual de nitrógeno, las dietas de fertilizantes-tipo empleadas, y las épocas de aplicación de las mismas.

Teniendo en cuenta la distribución areal de cultivos por campaña (tabla 1, columna B) y las dotaciones medias de nitrógeno aplicadas (tabla 4), se obtuvo una aportación neta de nitrógeno de 4.316 t/año, equivalente, en esta ocasión, a una dotación media para el acuífero de la Vega de Granada (19.000 ha de cultivo) de 227 kg N/ha/año. El desglose de aportes por estaciones del año se expone en la tabla 3 (columna B), siendo nuevamente la primavera la época de mayores aportes, representando el 56% anual.

#### Comparación de las cuantificaciones realizadas para 1980-83 y 1993-94

Los resultados obtenidos, tanto a nivel de dotaciones por cultivos, como consecuentemente en términos de aporte total a la Vega de Granada son muy similares. Ello está en consonancia con la evolución de las dosis fertilizantes en España, muy estabilizadas en áreas interiores desde hace varios años. En la figura 2 se muestra un diagrama de barras comparativo de los aportes obtenidos para 1980-83 y 1993-94 por estaciones del año y para el año medio; la proporcionalidad entre los aportes por épocas del año ha sufrido escasa variación.

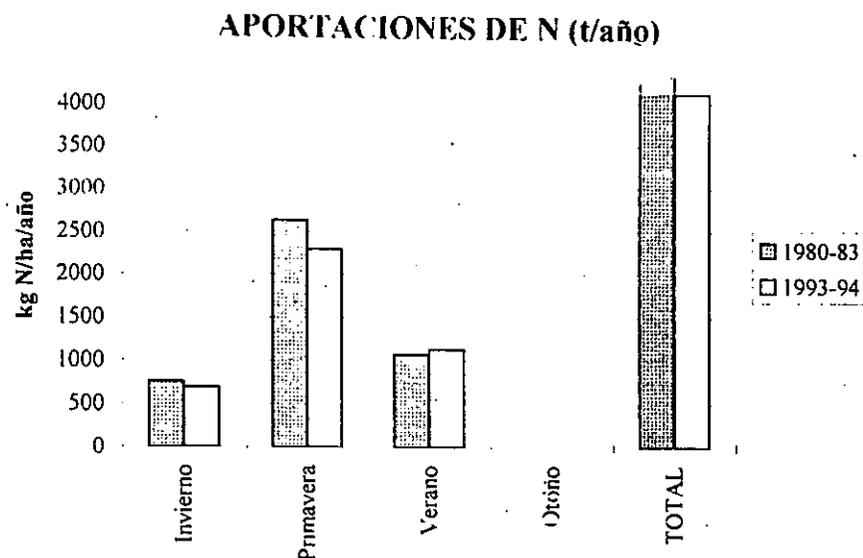


Figura 2.- Aportes de nitrógeno (t) procedente de fertilización en la Vega de Granada para las distintas estaciones del año y para el año medio (periodos 1980-83 y 1993-94)

En todo el periodo transcurrido entre una y otra cuantificación, el aumento experimentado en las dosis fertilizantes por tipos de cultivos fue de sólo el 6%. Mayor influencia tuvo el descenso, ya comentado, de las superficies de cultivo por campaña, que fue del 20%. Ello es posible, además, que responda a un proceso incipiente, marcado por una menor rentabilidad de los cultivos, junto a un aumento de la siniestralidad en el campo (sequía, heladas, pedrisco...).

En la figura 3 se exponen las dotaciones medias de nitrógeno aplicadas en la Vega de Granada a los principales tipos de cultivos existentes. Las dotaciones fueron algo superiores para el periodo 1993-94, excepto para cultivos como el ajo o la cebolla. Ponderando las diferentes dotaciones por cultivos, por su peso específico representado por sus correspondientes superficies de cultivo por campaña, resultó un aumento del 6% en las dotaciones aplicadas. En la tabla 5 se comparan estas dotaciones con las obtenidas o recomendadas en otros trabajos para los mismos cultivos de regadío.

#### DOTACION DE N (kg/ha/año)

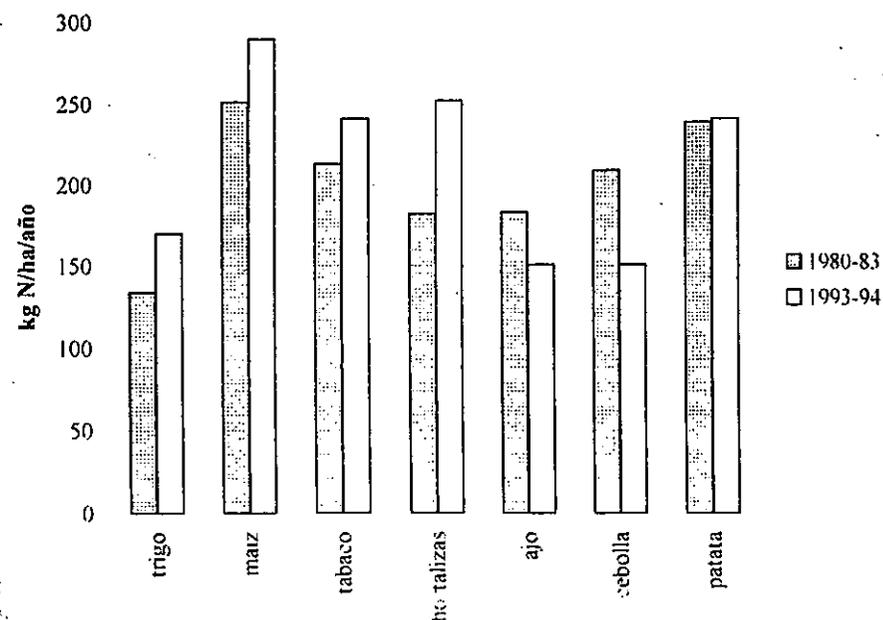


Figura 3.- Dotaciones de nitrógeno (kg/ha/año) aplicadas por fertilización a los principales tipos de cultivos de la Vega de Granada (periodos 1980-83 y 1993-94)

## Otras estimaciones del nitrógeno aportado por fertilizantes al acuífero

Marín, *et al.* (1983), aplicando una dosis teórica de nitrógeno de 200 kg/ha/año sobre una superficie útil de regadío de 20.000 ha, estiman el aporte de nitrógeno procedente de fertilizantes en unas 4.000 t/año.

A partir del trabajo anterior, en la monografía sobre "Calidad de las aguas subterráneas en Andalucía: situación actual y focos potenciales de contaminación" (IGME, 1983), y refiriéndose al año 1981, se cita un aporte de nitrógeno procedente de fertilizantes de 3.800 t/año, resultado de multiplicar una superficie de regadío de 19.000 ha por una dotación teórica de 200 kg N/ha/año.

En una revisión posterior, el IGME (1989) estima para el acuífero de la Vega de Granada un aporte de 4.500 t/año, indicando que dicho valor se ha obtenido tras aplicar a la superficie de regadío existente una dotación media de 200 kg N/ha/año.

Por último, en el anexo IV (fichas de términos municipales) del "Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada" (Diputación Provincial de Granada e ITGE, 1990) se ofrece información pormenorizada de las superficies de cultivo (regadío y secano) y de las tasas de nitrógeno aplicadas al año en cada uno de los términos municipales. Utilizando esos datos, la estimación correspondiente para el acuífero de la Vega de Granada, a partir de una superficie de regadío de 20.000 ha, arrojó un aporte de nitrógeno de 4.000 t/año. Posteriormente, y al comparar municipio a municipio, se pudo constatar que los valores de aporte se obtuvieron por aplicación de una dosis teórica de 200 kg N/ha/año.

Así pues, cabe concluir que todas las estimaciones a las que se ha tenido acceso son prácticamente idénticas, y se basaron en aplicar a la superficie de regadío existente (entre 19.000 y 20.000 ha) una dotación teórica de nitrógeno de 200 kg/ha/año.

## ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

### Breve análisis comparativo

Las dotaciones medias obtenidas, de 234 kg N/ha/año para el cuatrienio 1980-83, y de 227 kg N/ha/año para el bienio 1993-94, son difícilmente comparables con las obtenidas para otras áreas, al estar involucradas proporciones de cultivos diferentes. Más correcta es la comparación por tipos de cultivos, si bien en detalle el tema es complejo, al existir multitud de variedades y de posibilidades de combinación de los cultivos, todo ello con incidencia en las necesidades de fertilización. En la tabla 5 se presentan las dotaciones medias obtenidas en este trabajo por tipos de cultivos para la Vega de Granada (1, 2), frente a las referidas por Sánchis (1991) para la provincia de Valencia (3), las establecidas como necesidades de abonado en Domínguez (1978) (4) y las citadas como habituales

para Andalucía en Gros y Domínguez (1992) (5), todo ello para cultivos de regadío.

	1	2	3	4	5
TRIGO	134	170	170	150-240	200-250
MAIZ	251	290	---	200-300	250-300
TABACO	213	241	---	80-140	250
HORTALIZAS	182	252	450	---	200
AJO	183	151	---	---	200
CEBOLLA	209	151	305-360	150-200	220
PATATA	239	241	210-315	150-250	250

Tabla 5.- Dosis de nitrógeno, en kg/ha/año, aplicadas por fertilización a diferentes tipos de cultivos (1.- Castillo, 1986, en la Vega de Granada; 2.- Martínez, 1995, en la Vega de Granada; 3.- Sánchis, 1991, en la provincia de Valencia; 4.- Domínguez, 1978, como necesidades medias de abonado; 5.- Gros y Domínguez, 1992, para Andalucía)

En general, y si nos atenemos a las necesidades medias de abonado (4) y a las dotaciones habituales de fertilización en Andalucía (5), cabe decir que las dotaciones de nitrógeno aplicadas en la Vega de Granada se encuentran dentro de márgenes habituales. En otras zonas, como en la provincia de Valencia (3) (y en general en Levante y Cataluña) se aplican dotaciones muy superiores, al tratarse de situaciones climáticas diferentes, no siendo factibles las comparaciones.

### Consideraciones sobre la lixiviación del nitrógeno procedente de fertilizantes

La mayor parte de las fuentes consultadas consideran que el porcentaje de pérdidas medias de nitrógeno por lixiviación es del orden del 20-30% (25%, Bouwer, 1987; 33%, Miller, 1985; 18-20%, Almeida y Silva, 1987...), si bien está demostrado que existe dependencia con la dotación aplicada, tipo de cultivo, permeabilidad/pendiente del terreno, temperatura, régimen pluviométrico y aportaciones de regadío, entre otros factores condicionantes. Dando por buena una pérdida media del 25% del nitrógeno aplicado en la Vega de Granada, y una aportación de nitrógeno por fertilizantes del orden de 4.500 t/año, las pérdidas por infiltración hacia el acuífero serían del orden de 1.000 t N/año, que serían equivalentes a unos 50 kg N/ha/año.

Teniendo en cuenta que los valores de fertilización en la Vega de Granada son acordes con las recomendaciones medias de abonado y con las aplicaciones habituales realizadas en otras áreas de clima similar, el factor controlable que más influirá en la tasa de lixiviación serán los tipos y dotaciones de riego aplicados tras

la fertilización. Riegos por inundación o en surcos, en altas dotaciones, que son frecuentes en la Vega de Granada, contribuirán a incrementar las tasas de pérdidas por lixiviación. Además, la utilización en el riego de aguas residuales urbanas y/o aguas subterráneas, con moderados a altos contenidos de nitrógeno, debería ser tenida en cuenta por los agricultores a la hora de ponderar las necesidades nutritivas de los cultivos.

## CONCLUSIONES

El aporte de nitrógeno por fertilización representa el 75% del nitrógeno antrópico total vertido a la Vega de Granada, correspondiendo a las aguas residuales urbanas otro 25%. El aporte de nitrógeno por fertilizantes ha disminuido de 4.450 t/año, para el periodo 1980-83, a 4.316 t/año, para 1993-94. Este descenso se ha debido, fundamentalmente, a un descenso del 20% de la superficie equivalente cultivada en 1993-94, posiblemente debida a la sequía, junto a una menor rentabilidad de los cultivos, con respecto a la situación de 1980-83. Sin embargo, las dotaciones de nitrógeno aplicadas por cultivos aumentaron en un 6%

Las dotaciones de nitrógeno por tipos de cultivos se encuentran dentro de márgenes habituales, en comparación con otras zonas climáticas españolas afines. Tampoco hay apenas desviación con respecto a las dotaciones recomendadas como necesidades medias de fertilización por tipos de cultivos. No obstante, no se contabiliza en ello el nitrógeno contenido en las aguas de riego, que tanto si son residuales, como si son subterráneas poseen concentraciones apreciables.

A la vista de los resultados obtenidos, y de la evolución de las dotaciones fertilizantes en España en el último decenio, no es previsible un aumento del contenido en nitratos por mayores aportes fertilizantes. Para la Vega de Granada, una elevación de la concentración en nitratos de las aguas del acuífero se producirá en el futuro si se sigue incrementando la tasa de explotación de aguas subterráneas, en detrimento de riegos con aguas superficiales, menos concentradas en nitratos, y cuyo efecto hasta ahora ha sido diluyente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Almeida, C. y Silva, M.L. (1987). "Incidence of agriculture on water quality at Campine de Faro". Col. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos XII: 249-257
- Bouwer, H. (1987). "Effect of irrigated agricultura on groundwater". J. Irrig. Drain. Eng., 113: 4-15 pp
- Castillo, A. (1986). "Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada". Tesis Doctoral. Serv. Publ. Univ. Granada, en coedición con IGME. 658 pág. Granada

Castillo, A. (1994). "Caracterización de los recursos y reservas del sistema hídrico de la Vega de Granada. Consideraciones sobre la calidad de las aguas". Inf. restringido. Consejería de Obras Públicas (Junta de Andalucía). 150 pág.

Castillo, A. y Fernández-Rubio, R. (1985). "Aplicación de fertilizantes químicos en la Vega de Granada. Repercusión en la calidad de las aguas subterráneas". I Congreso de Geoquímica. 61-62 pp. Soria

Castillo, A. y Sanchez, P. (1991). "Reutilización de aguas residuales tratadas en las nuevas estaciones depuradoras (Granada); aspectos hidrológicos". Inf. restringido. Dirección General de Obras Hidráulicas. 175 pág. Madrid

Castillo, A. y Sanchez, P. (1994). "Influencia de las evaporitas de borde en la hidrogeoquímica del acuífero de la Vega de Granada". Geogaceta, 14: 15-17 pp. Barcelona

Diputación Provincial de Granada e ITGE (1990). "Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada". Ed. Dip. Prov. de Granada. 107 pág. Granada

Domínguez, A. (1978). "Abonos minerales". Ministerio de Agricultura. Col. Agricultura práctica. 421 pág. Madrid

FAO/IGME (1972). "Proyecto piloto de las aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la Cuenca del Guadalquivir. Utilización de las aguas subterráneas para la mejora de los regadíos de la Vega de Granada". Inf. Restringido

Gros, A. y Domínguez, A. (1992). "Abonos: guía práctica de la fertilización". Ed. Mundi-Prensa (8ª ed). 450 pág. Madrid.

IGME (1983). "Calidad de las aguas subterráneas en Andalucía: situación actual y focos potenciales de contaminación". Col. Informe. 92 pág. Madrid

ITGE (1989). "Vega de Granada". Serie: Manuales de Utilización de Acuíferos. Madrid

Marín, A.; Navarrete, P.; Niñerola, S.; Fernández, L. y del Valle, M. (1983). "Algunos aspectos sobre las características químicas de las aguas subterráneas del acuífero de la Vega de Granada y sus posibles fuentes de contaminación". Col. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos VIII. 239-251 pp. Madrid

Martínez, N. (1995). "Contaminación del acuífero de la Vega de Granada". Trabajo inédito. 33 pág. Universidad de Granada

Miller, D.G. (1985). "The problem". Proc. Workshop on Groundwater Protection Against Pollution by Nitrates. Varese

Sánchez, E. (1991). "Estudio de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas de la provincia de Valencia. Origen, balance y evolución espacial y temporal". Ed. E. Sánchez (Diputación Provincial de Valencia). 332 pág. Valencia