

Artículo publicado en: *Agua, Minería y Medio Ambiente, Libro Homenaje al Profesor Rafael Fernández Rubio*. López Geta et al. (eds). IGME, 161-172 p

EL ACUIFERO DE LA VEGA DE GRANADA. AYER Y HOY (1966-2004)

A. Castillo¹

¹ CSIC e Instituto del Agua de la Universidad de Granada. C/ Ramón y Cajal, 4.
18071 Granada. E.mail: acastill@ugr.es. www.ugr.es/local/aguas

RESUMEN.- La Vega de Granada, uno de los acuíferos detríticos más importantes de Andalucía (200 km² y 160 hm³/a), ha sufrido en los últimos 38 años una gran transformación. En este artículo se glosa el ayer y el hoy de este acuífero, desde los primeros estudios de la FAO (1966-72) hasta los trabajos más recientes de la Universidad de Granada y el CSIC (2004). La piezometría y calidad de las aguas han cambiado por diversas causas, pero nada comparable al cambio de uso, de agrícola a urbano que se extiende, de forma imparable, por la superficie del acuífero. La herencia de esta nefasta política de ordenación territorial perdurará entre las generaciones venideras, como ejemplo del mal hacer del hombre.

Palabras clave: *historia hidrogeológica, acuífero detrítico, ordenación territorial*

ABSTRACT.- Past and present of the Vega de Granada aquifer. One of the main alluvial aquifers in Andalucía (200 km² and 160 hm³/a) is the "Vega de Granada". It has been object of an intense transformation during the last 38 years. The past and the present of this aquifer is commented in this paper, since the FAO (1966-72) early studies to the more recent ones of the Granada University and the CSIC (Higher Council of Scientific Research). The water table morphology and the groundwater quality have changed due to different reasons, but the most dramatic modification affects to the land use-from agricultural to urban-which nowadays seems unstoppable. The forthcoming generations are going to suffer the consequences of this short-minded policy concerning land management

Key words: *hydrogeological history, detritic aquifer, land management*

RESUME.- L'aquifère de la Vega de Granada. L'hier et l'aujourd'hui. La Vega de Granada, est un des aquifères detrétiques les plus importants de L'Andalousie (200 km² et 160 hm³/a), il a souffert dans les derniers 38 ans une grande transformation. Dans cet article on glosent l'hier et l'aujourd'hui de cet aquifère, depuis les premières études de la FAO (1966-72) jusqu'à les travaux les plus récents de l'Université de Granada et du CSIC (2004). La piezometrie et la qualité des eaux ont clairement changées durant cette période pour divers raisons, pourtant ce changement est moins exagéré par rapport au changement d'usage, agricole et urbain qui s'étend, apparemment sans arrêter, pour la surface de l'aquifère. L'héritage de cette néfaste politique d'aménagement du territoire durera longtemps entre les générations futures comme exemple d'une mauvaise affaire de l'Homme.

Mots-clés: *histoire hydrogéologique, aquifère detrétique, aménagement du territoire*

LOCALIZACION GEOGRAFICA Y AMBITO HIDROGEOLOGICO

El acuífero aluvial de la Vega de Granada se localiza en el interior de la depresión intramontañosa de Granada (figura 1), en el contexto geológico de las Cordilleras Béticas. Desde el punto de vista hidrográfico, forma parte de la subcuenca del Alto Genil, dentro de la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir. El área corresponde a una enorme llanura de 200 km² de superficie (con 2.900 km² de cuenca vertiente), que se extiende a ambos márgenes del río Genil, entre las poblaciones de Cenes de la Vega, al este, y Láchar, al oeste. El material acuífero corresponde, mayoritariamente, al depósito aluvial del río Genil y de sus afluentes de cabecera, los ríos Dílar, Monachil, Darro, Cubillas y Velillos. Este cuerpo detrítico presenta unas dimensiones fabulosas: 20 km de longitud (en sentido este-oeste) por 10 km de anchura media, con espesores saturados superiores a 250 m en el sector central. La masa acuífera resultante almacena actualmente cerca de 1.500 hm³ de agua, aparte de recibir unas aportaciones anuales del orden de 160 hm³.

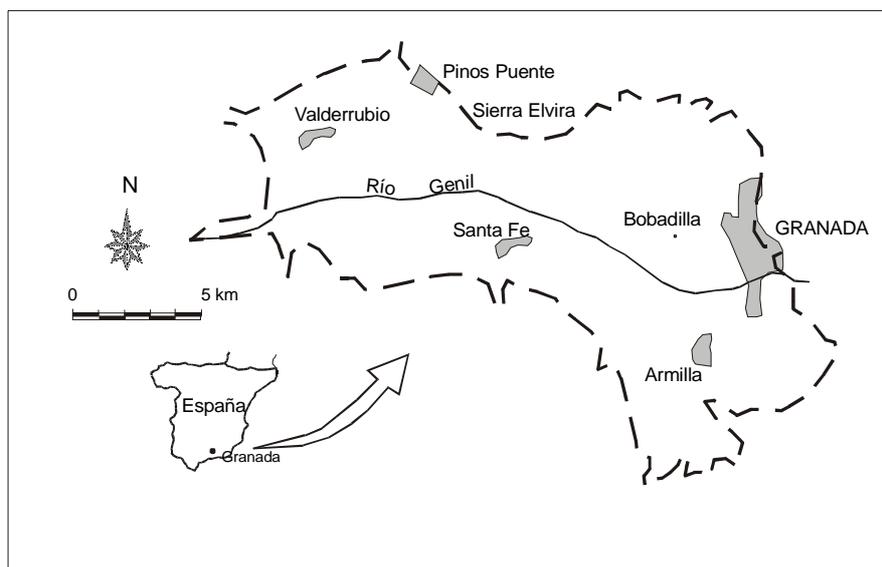


Figura 1.- Localización geográfica del acuífero de la Vega de Granada

LA VEGA DE GRANADA EN EL PASADO

En el pasado más remoto, la Vega era sólo una vasta llanura de inundación, donde las aguas subterráneas (en íntima relación con las superficiales) afloraban por doquier. La zona, rica en caza, pero insalubre y peligrosa por la abundancia y fuerza de las aguas empujó los asentamientos humanos hacia los pies de monte, y especialmente hacia las laderas de Sierra Elvira y de los valles orientales.

La abundancia de aguas, la disposición plana del terreno, y la fertilidad natural del suelo, consolidó con el tiempo un extraordinario espacio agrícola, con producciones record de cosechas, cuyos cultivos fueron cambiando (lino, cereal, remolacha, tabaco, maíz, etc), según las necesidades y conocimientos del hombre.

Aunque hay constancia y vestigios del aprovechamiento de las aguas para regadío por íberos y romanos, la dominación musulmana del área (s. VIII-XV) fue trascendental en el impulso de la agricultura y, sobre todo, en el diseño del sistema de regadío que, con pocas modificaciones, aún se conserva. En ese periodo, se completó la construcción de una densísima red de acequias, que derivaban el agua de los ríos para irrigación y “careos”, una

acción precursora de lo que hoy llamamos recarga de acuíferos, y que tuvo su auge también en la Alpujarra granadina, así como en otros muchos lugares de Al-Andalus. Con ello se regulaban las impetuosas aguas del deshielo de Sierra Nevada, almacenándolas en el terreno para su aprovechamiento desde manantiales (entonces muy abundantes y caudalosos).

Las referencias posteriores a la toma de Granada (año 1492) son más precisas; durante los siglos XVIII y XIX se produjo un nuevo relanzamiento de la agricultura, que pasó por la defensa de los ríos frente a inundaciones, y, sobre todo, por el drenaje y desecación de las áreas pantanosas y de marjalería (como en tantas otras zonas agrícolas españolas), especialmente en los pagos de Santa Fe, Chauchina y Fuente Vaqueros. Para ello se excavaron zanjas o canales ("madres" en el argot local), por cuyo fondo se sangraba o drenaba el acuífero.

Hasta la segunda mitad del siglo XX apenas existía una extracción cuantitativamente significativa de aguas subterráneas, pero a partir de entonces se generalizó la instalación de motores diesel en pozos que jalonaban el cauce del río Genil (la zona de mayor productividad y nivel piezométrico más próximo a superficie). De esa época, y anteriores, se conservan casi un millar de pozos, de todos los tipos constructivos y tamaños; en muchos de ellos, la envergadura y dificultad de las obras realizadas fue más que notable, con pozos de más de 5 m de diámetro, o con cerca de 50 m de profundidad; en esas tareas perdieron la vida muchos poceros, la mayor parte de las veces por inhalación de gases desprendidos desde niveles orgánicos o carbonosos. Llama la atención la penetración de algunos de estos pozos, varios metros por debajo del nivel piezométrico conocido a finales del siglo XX, lo que nos hace suponer que se realizaron, o reprofundizaron, aprovechando sequías antológicas.

EL ACUÍFERO DE LA VEGA DE GRANADA EN "ÉPOCA DE LA FAO" (1966-72)

En la segunda mitad de la década de los 60 se abordan, por parte de la FAO, en colaboración con el Gobierno español, los primeros trabajos de reconocimiento hidrogeológico de la Vega de Granada, en el marco del "Proyecto de investigación hidrogeológica de la cuenca del Guadalquivir" (FAO/IGME, 1970). En una segunda fase (1969-71) se contemplan aspectos hidrogeológicos de mayor detalle, dentro del "Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir" (FAO/IGME, 1972). Esos proyectos supusieron un enorme y eficiente esfuerzo de investigación, consiguiendo sentar las bases del conocimiento hidrogeológico del acuífero (Castillo *et al.*, 1996).

Uno de los primeros documentos del máximo interés (hoy histórico) corresponde al mapa hidrogeológico de Trac (1968; figura 2). En él se volcó un denso inventario de puntos de agua y se plasmó la piezometría a fecha de noviembre de 1967 (también se aportó un pequeño mapa de iso-residuos secos de las aguas del acuífero). Entonces, las superficies piezométrica y topográfica prácticamente coincidían en el sector central del acuífero entre las poblaciones de Santa Fe y Láchar; en el resto del acuífero, la piezometría se acomodaba a la recarga (y a la permeabilidad del acuífero), sin apenas indicios de explotación. Por lo demás, la morfología de la superficie piezométrica marcaba muy bien el funcionamiento hidrogeológico del acuífero (y de sus bordes), morfología que repetirían, con las lógicas diferencias, todos los mapas piezométricos realizados posteriormente (ver mapa de la figura 4, para julio de 1997).

Del análisis de la piezometría de la época se hicieron las siguientes observaciones (FAO/IGME, 1970): *"La capa se halla muy cerca del suelo en toda la parte situada al oeste*

de una línea Santa Fe-Maracena. A partir de esta línea hacia el sur la profundidad del nivel del agua aumenta rápidamente a consecuencia directa de la subida topográfica: en Armilla el agua está a 60 m y en La Zubia está a más de 100 m. La planimetría de las superficies entre curvas de igual profundidad han dado los resultados siguientes: sobre una superficie total de 200 km² de la capa en estiaje, 25% está a menos de 3 m del suelo, 25% está entre 3 y 10 m, 15% entre 10 y 20 m y 20% tiene el nivel a más de 60 m de profundidad”.

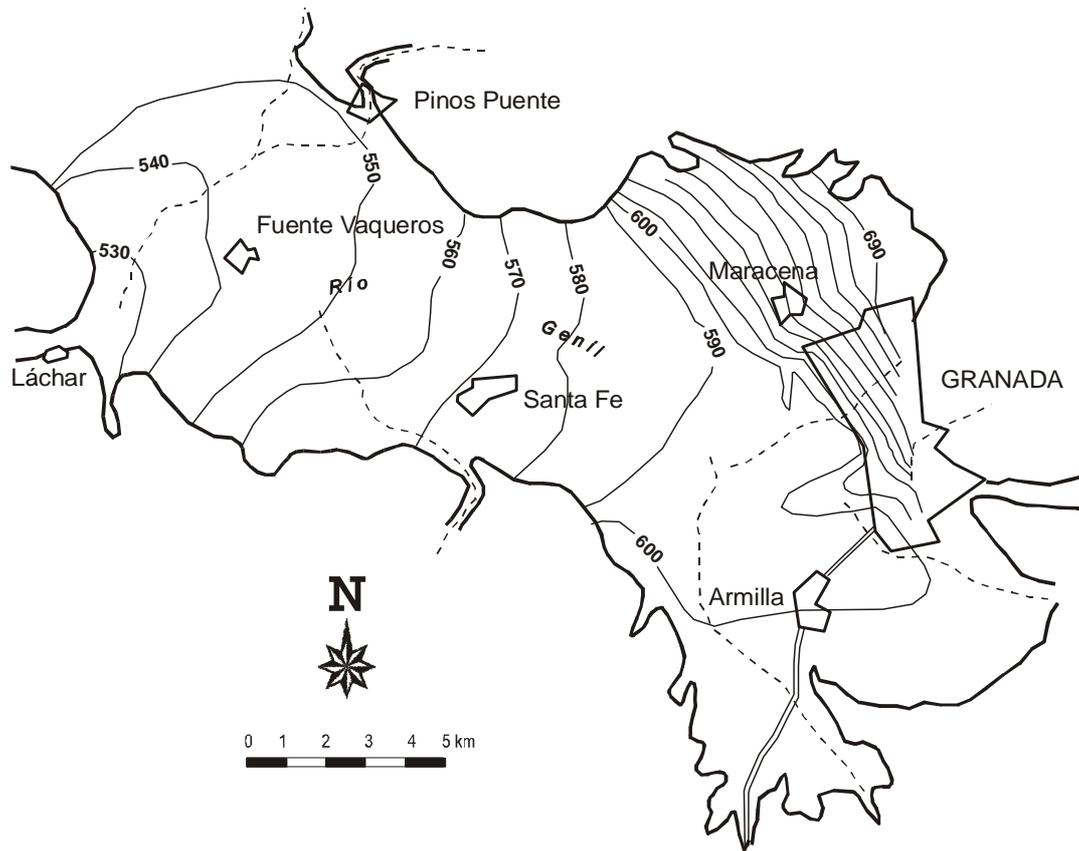


Figura 2.- Primer mapa piezométrico del acuífero de la Vega de Granada (noviembre de 1967; elaborado a partir del original de Trac, 1968)

Las evoluciones temporales de niveles y caudales mostraban la enorme influencia que tenía la infiltración de las aguas superficiales (fundamentalmente procedentes del deshielo de Sierra Nevada), sobre todo en comparación con la recarga pluviométrica. Los máximos niveles se producían en primavera, mientras que los mínimos se daban en otoño. En esa época, manantiales (casi todos desaparecidos) como los de Fuente de La Reina, Isabel La Católica, Canal de San José, Canal de San Juan, Canal de Aragón, Ojos de Viana, Madres del Rao (de Santa Fe y Atarfe), San Jorge, La Laguna, Berrales, Fontana y El Martinete eran origen de acequias de muy respetable caudal.

La hidroquímica fue una herramienta utilizada intensamente, y con esmero, por el citado Quang Trac y su equipo. Los análisis contemplaban sólo (y ya era bastante) los constituyentes mayoritarios; no se realizarían hasta bastantes años después mapas de isocontenidos en plaguicidas (Acuña, 1981), nitratos (1983, en Castillo, 1986), ni de otros compuestos indicadores de contaminación.

En esa primera época (1966-68) se realizaron 257 análisis, con los que se confeccionó un primer mapa de iso-residuos secos (anexo al mapa hidrogeológico de Trac, 1968). Pero no sería realmente hasta junio de 1969 cuando se dispuso del primer muestreo hidroquímico en sentido estricto. En la figura 3 se expone el correspondiente mapa de isoconductividades, muy ilustrativo sobre los cambios de salinidad que ocurrirían en el futuro; más adelante se hacen algunas consideraciones al respecto, al amparo del último mapa de isoconductividades disponible (marzo de 2004; figura 5).

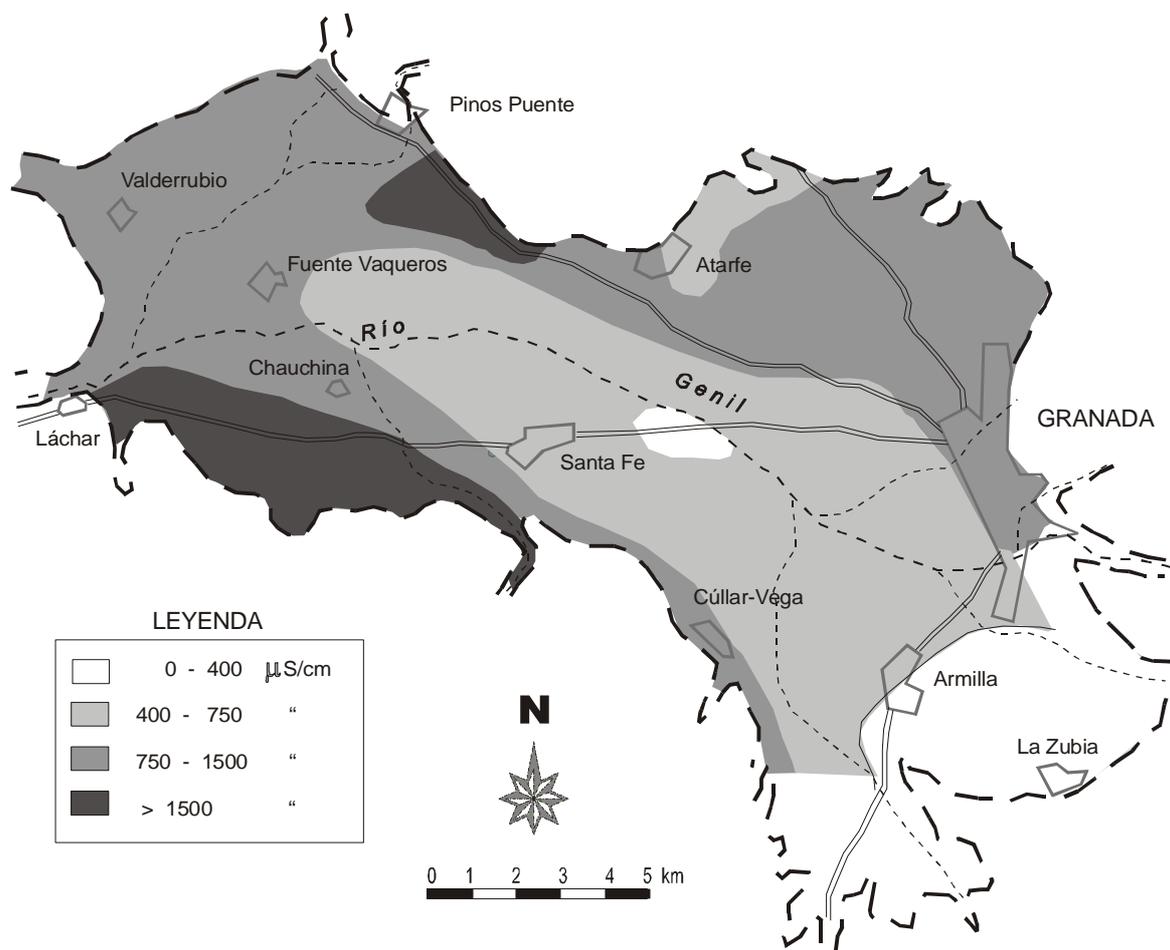


Figura 3.- Primer mapa de isovalores de conductividad del acuífero de la Vega de Granada (junio de 1969; a partir de datos originales de FAO/IGME, en Castillo, 1986)

La situación hidroquímica general del acuífero quedó plasmada en las páginas del primer proyecto (FAO/IGME, 1970), donde puede leerse: *“Las aguas de la capa tienen una gama de concentraciones relativamente estrecha, de 180 a 2.710 mg/l. El análisis cuantitativo de la repartición de las concentraciones por planimetría de las zonas “inter-isoconas” del mapa de los residuos secos, proporcionan los resultados siguientes: más de 35 % de la superficie total de la capa (200 km²) tiene una concentración inferior a 500 mg/l, más de 80 % abarcan las zonas inferiores a 1.000 mg/l, y casi el 95 % poseen menos de 1.500 mg/l. Se nota que la gran zona de concentración inferior a 500 mg/l se extiende desde la Zubia hasta Fuente Vaqueros a lo largo del valle del río Genil...En el sector noreste la transmisividad baja del cuaternario medio y antiguo implica un contacto prolongado del agua de la capa con el terreno y una mayor disolución de sales, las concentraciones sobrepasan*

así los 1.500 mg/l. Las demás zonas de fuertes concentraciones se explican por la implantación de aguas de regadío procedentes de un arroyo Salado, por alimentación lateral a partir de una capa profunda cargada (pie de Sierra Elvira), o por presencia de materiales de origen triásico en el acuífero (zona de Láchar, Pinos Puente).

También se abordó la estimación del balance hídrico, que, con datos escasos y fragmentados, según reconoce el propio informe, sólo debían tener la consideración de preliminares. No obstante, las grandes cifras obtenidas si permitieron, por primera vez, constatar que aproximadamente el 75 % de los recursos totales provenían de la infiltración de aguas de superficie, cómo ya habían evidenciado las evoluciones de niveles y caudales. Como curiosidad, e indicio de la vanguardia investigadora de aquellos estudios, se acomete una experiencia de recarga artificial con sobrantes de aguas superficiales, iniciativa que no vuelve a repetirse desde entonces, pese a que reiteradamente se han señalado la idoneidad y beneficios que la recarga artificial tendría en la regulación de las aguas de la cuenca. Mayor detalle se atribuyó a la estimación de los bombeos; tras medir las extracciones de 260 pozos equipados, se llegó a la conclusión de que los caudales extraídos del acuífero estaban comprendidos entre 10 y 15 hm³/a.

En la segunda fase de investigación (FAO/IGME, 1972) se abordó una ambiciosa campaña de caracterización de la masa acuífera, con la realización de 120 SEV y de 23 ensayos de bombeo de larga duración (11 de la primera fase). Con todo ello se realizan mapas de cota de muro, de isoespesor saturado, de isotransmisividades y de isocoeeficientes de almacenamiento, que no han sido revisados ni actualizados desde entonces.

EL ACUÍFERO DE LA VEGA DE GRANADA TRAS LA “ÉPOCA FAO”

A partir de la década de los 70, continúa y se intensifica la explotación por bombeo a través de sondeos cada vez más penetrativos, equipados con modernas bombas sumergidas, lo que va dejando poco a poco en seco a los pozos artesanales. A esta dinámica extractiva, se suma, la construcción de los embalses de Quéntar (1973) y Canales (1988), sobre los ríos Aguas Blancas y Genil, respectivamente, los cuales retienen gran parte de las escorrentías del deshielo de Sierra Nevada. Estas obras, anheladas y vitales para el abastecimiento a la ciudad de Granada, alteran el régimen de recarga ancestral de que gozaba, hasta ese momento, el acuífero; la mayor regulación y explotación de otras aguas de la cuenca (2.900 km²) resta también excedentes de infiltración. A todos esos nuevos factores, hay que añadir otro de gran trascendencia física, y también hidrogeológica, como es la explosión urbanística, especialmente a partir de la década de los 90, de Granada capital y toda su área metropolitana; ello depreda varios miles de hectáreas de fértil vega, coincidiendo con una crisis agrícola en la misma.

La combinación de todos esos factores ha hecho disminuir de forma sensible la recarga del acuífero. Los recursos, que habían sido estimados hace años en 230-184 hm³/a (IGME-GEOMECAICA, 1983 y Castillo, 1986, respectivamente), se estima que son inferiores actualmente a los 160 hm³/a (Castillo, 2003), si bien la cuantificación de los mismos es tarea de suma complejidad en este acuífero. Parece que la explotación por bombeo se mantiene alrededor de 50 hm³/a, mientras que la descarga natural del acuífero, más fácil de controlar, viene disminuyendo con los años (Adarve y Castillo, 1999), siendo actualmente del orden de 100-110 hm³/a (surgencias a los ríos Cubillas y Genil, aguas abajo de Fuente Vaqueros).

La disminución de la recarga afecta, lógicamente, a la piezometría y a la hidroquímica. En la figura 4 se presenta el último mapa piezométrico realizado sobre el acuífero de la Vega de Granada (1997; inédito). Aunque la morfología de la superficie

piezométrica es relativamente similar a la del mapa de Trac (figura 2), el descenso medio de niveles en el acuífero es de 6 m, con abatimientos máximos consolidados de 20 m en el área de recarga. Como elemento nuevo, se detecta un conoide de depresión en el borde oeste de la ciudad de Granada, originado por concentración de importantes bombeos en el sector. El descenso de niveles del acuífero provoca en 1992, en pleno periodo de sequía, el agotamiento de todos los manantiales de la Vega media, “madres” en el argot local.

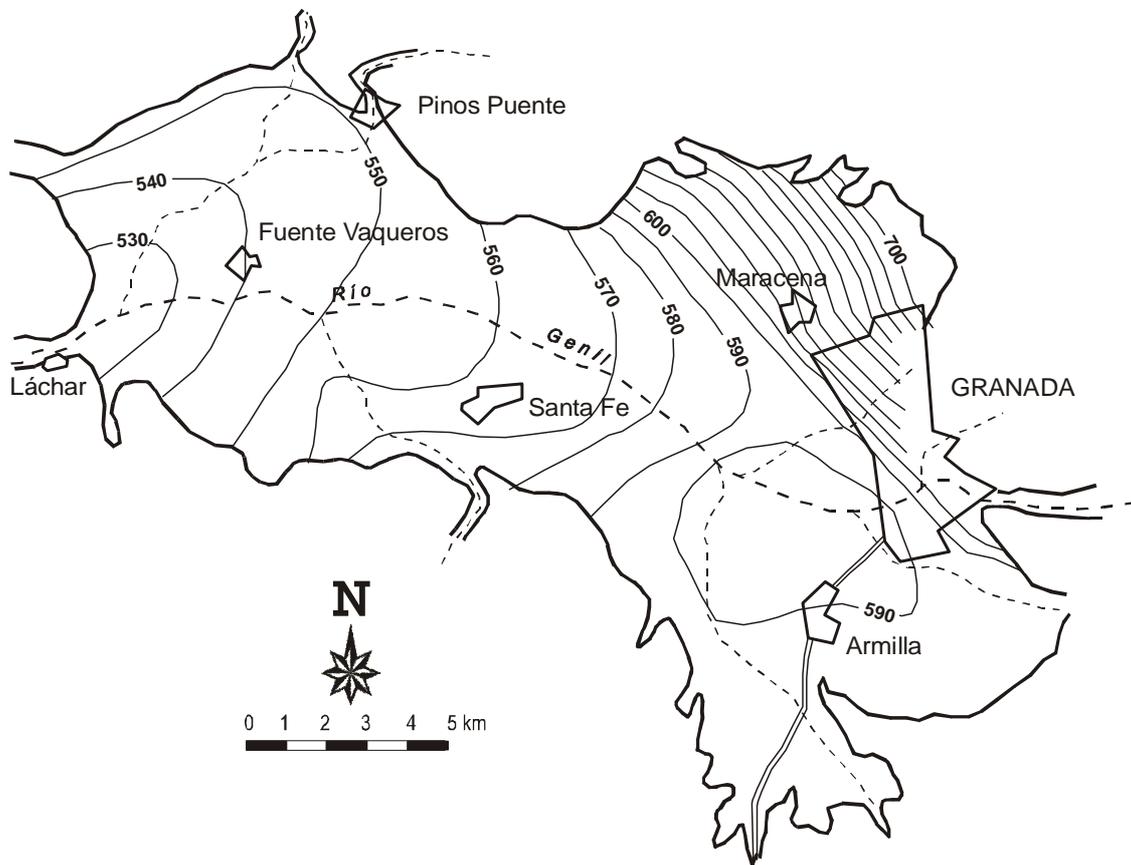


Figura 4.- Último mapa piezométrico realizado para el acuífero de la Vega de Granada (julio de 1997)

No obstante, la alteración más manifiesta ha sido la presentada por los parámetros hidroquímicos; de entre ellos, la salinidad y temperatura de las aguas han sido los más sensibles a los cambios acaecidos (disminución de la recarga sobre todo). Los valores de ambos han crecido, al disminuir los aportes fríos e hiposalinos procedentes de las escorrentías de Sierra Nevada (un 27% la salinidad entre 1983-2004; Sánchez-Díaz y Castillo, 2004). En la figura 5 se presenta el último mapa de isoconductividades del acuífero, realizado en marzo de 2004. Como puede observarse, la diferencia con el realizado para 1969 (figura 3) es más que notable; el cambio más radical ha sido la desaparición de las áreas de anomalía negativa (valores inferiores a $750 \mu\text{S}/\text{cm}$); así, la zona de baja salinidad de la mitad suroriental y de la franja del río Genil (hasta Fuente Vaqueros), visible en el mapa de 1969, se halla prácticamente desaparecida en el de 2004. Además, en los primeros mapas hidroquímicos llamaba la atención un “islo” hiposalino e hipotermal localizado en el entorno del Puente de los Vados (al este de la población de Santa Fe; figura 3); se aludió entonces a la emersión de flujos locales procedentes de infiltración en cabecera de aguas de deshielo. El pozo del emblemático cortijo de San Matías coincidía con el epicentro de ese ojo hiposalino; en noviembre de 1982 su salinidad y temperatura eran de $550 \mu\text{S}/\text{cm}$ y $13,6^\circ\text{C}$, respectivamente; hoy (noviembre de 2004) sus valores son de $1.037 \mu\text{S}/\text{cm}$ y $14,9^\circ\text{C}$.

Menos transformación han sufrido las áreas de anomalía positiva (valores superiores a $1.500 \mu\text{S}/\text{cm}$), que se han extendido, no obstante, desde los sectores de Sierra Elvira (al norte) y del arroyo Salado (al sur).

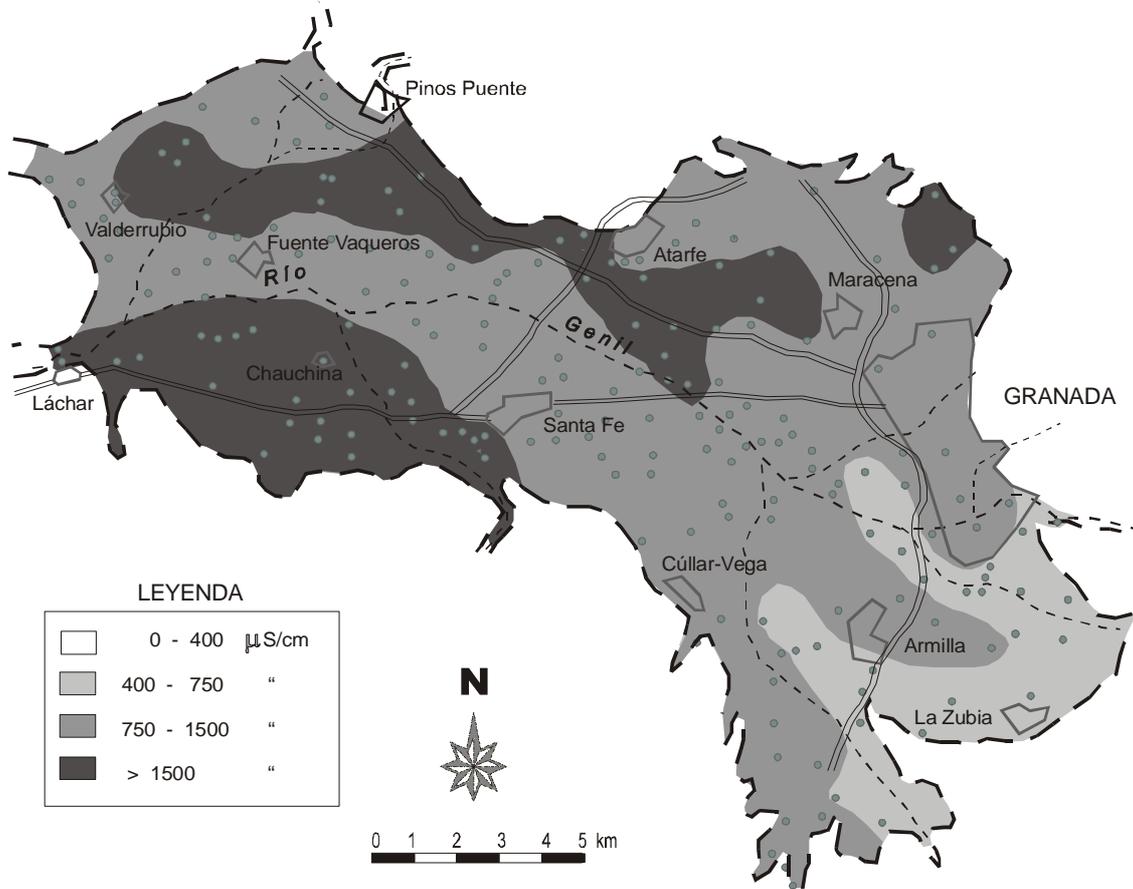


Figura 5.- Último mapa de isovalores de conductividad para el acuífero de la Vega de Granada (marzo de 2004; Castillo y Sánchez-Díaz, 2004)

Otro parámetro que ha aumentado sensiblemente con los años ha sido el nitrato. Los primeros análisis se realizaron en 1980, aunque habría que esperar hasta septiembre de 1983 y marzo de 1984 para disponer de los primeros mapas de isocontenidos (Castillo, 1986). En la figura 6 se presenta el mapa correspondiente a marzo de 1984. En aquella época, la concentración media de nitratos era de $40 \text{ mg}/\text{l}$. Durante la década de los 80 la situación se mantuvo casi estacionaria, pero a partir de entonces los contenidos poco a poco han ido incrementándose (Castillo, *et al.*, 1997). En 2004, la concentración media fue de $70 \text{ mg}/\text{l}$, lo que representa un aumento del 74%. Pese a crear alarma en algunos abastecimientos, el aumento de concentración puede catalogarse de moderado, sobre todo en comparación con el experimentado por otros sistemas agrícolas españoles. A ello ha contribuido la estabilización, desde hace años, de las dosis fertilizantes aplicadas (alrededor de $230 \text{ kgN}/\text{ha.año}$; Castillo *et al.*, 1995), y el descenso de la superficie y actividad agrícola en la Vega con los años; por el contrario, la disminución de aguas de recarga de baja concentración en nitratos (aguas de Sierra Nevada) y, en menor medida, el aumento de los vertidos de aguas residuales, son factores que han propiciado el incremento final.

En la figura 7 se expone el último mapa de isocontenidos en nitratos disponible (marzo de 2004; Castillo y Sánchez-Díaz, 2004). La comparación de los mapas de marzo de 1984 y 2004 (figuras 6 y 7) permite apreciar la gran expansión que han experimentado las

áreas de mayor concentración, y, en especial, de las de valor superior a 50 mg/l (límite máximo admisible para aguas de bebida por la legislación europea). La comparación entre épocas similares (septiembre de 1983-2003) fue analizada con mayor detalle por Castillo *et al.* (2003).

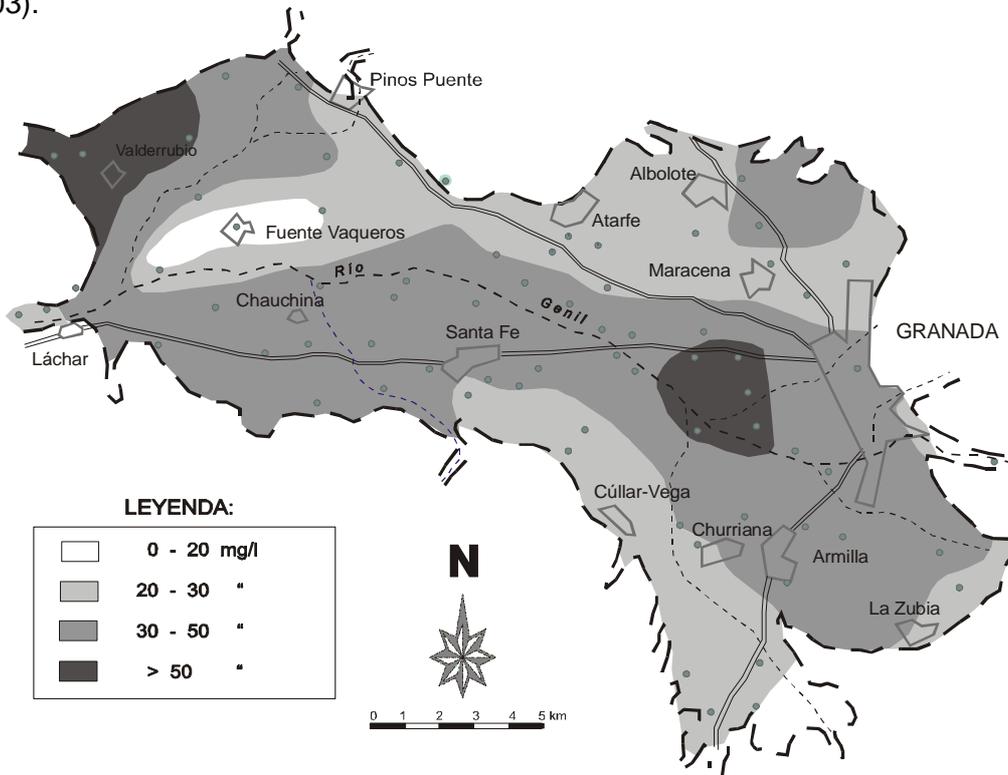


Figura 6.- Uno de los primeros mapas de isocontornos en nitratos del acuífero de la Vega de Granada (marzo de 1984, en Castillo, 1986)

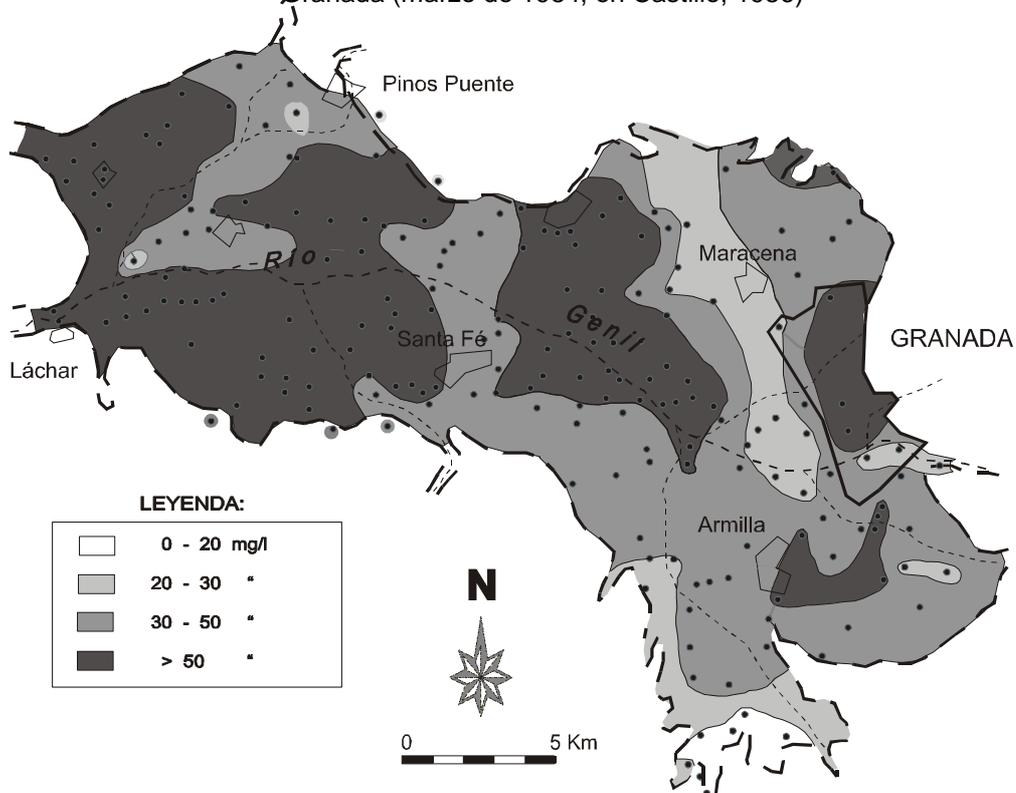
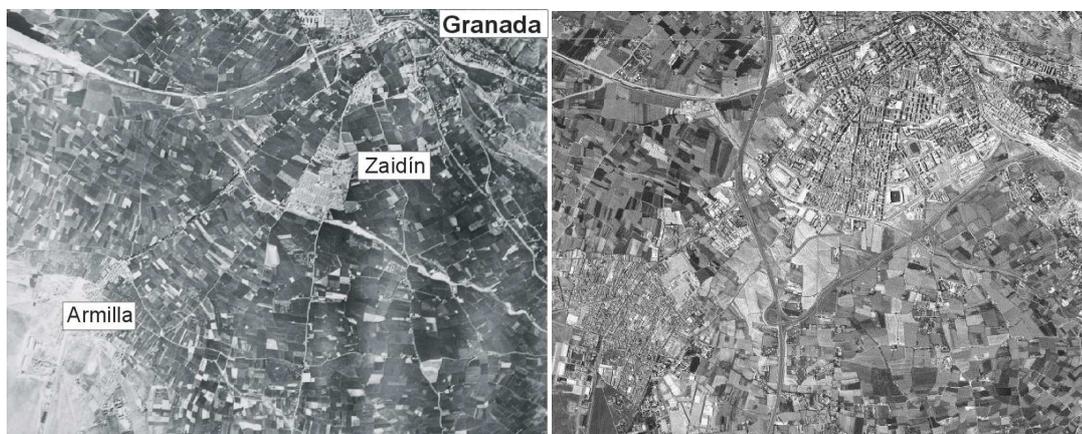


Figura 7.- Último mapa de isocontornos en nitratos del acuífero de la Vega de Granada (marzo de 2004, en Castillo y Sánchez-Díaz, 2004)

Por lo que respecta a otros parámetros indicadores de contaminación, como metales pesados o plaguicidas, hay que decir que el acuífero goza de buena salud; los últimos análisis realizados (De la Colina, 1996 y Castillo y Sánchez-Díaz, 2004) muestran bajos contenidos, y una situación para los plaguicidas similar, con las debidas diferencias de compuestos, a la observada por Acuña (1981).

Pero los cambios comentados para el balance, la piezometría, o la calidad de las aguas, pese a ser significativos y manifiestos en estos últimos 38 años, no son nada comparables con la envergadura e irreversibilidad del cambio de uso, por la ocupación urbana del territorio. Con una ordenación territorial racional (exclusivamente técnica), exenta de la intervención política, el área metropolitana de Granada debiera haberse extendido por los numerosos pies de monte (afables desde el punto de vista topográfico) que rodean por todos sus bordes a la Vega de Granada. En las fotos 1 y 2 se puede observar la expansión urbana del borde sur de la ciudad de Granada, de 1958 a 1997



Fotos 1 y 2.- Fotografías aéreas de un sector de la Vega de Granada (25 km²); izquierda del año 1958, derecha de 1997

La ocupación de la Vega más fértil y extensa de Andalucía va en contra de la razón y del instinto que, paradójicamente, si tuvieron el hombre primitivo, aquél que se asentó en las laderas de Sierra Elvira, y que supo ver los peligros naturales de la Vega, al tiempo que valoró su enorme riqueza para producir alimentos. Los riegos sísmicos, de inundaciones, la depredación de suelos únicos por su fertilidad o la desaparición de un espacio verde, de ocio y expansión, a las puertas de una ciudad mundialmente conocida (entre otras cosas por su Vega), serían causas más que suficientes (por sí solas) para detener esa agresión. En ello, están comprometidas multitud de personas y asociaciones civiles, pero la fuerza del hormigón y de la especulación parecen imparables. Ojalá, que de aquí a 38 años más, aún quede suficiente sábana verde, de huertas, acequias y pozos, donde seguir tomándole el pulso a las aguas subterráneas.

AGRADECIMIENTOS

Cuatro fueron las personas que influyeron decisivamente en que dedicara la etapa más vigorosa de mi vida profesional al estudio de este acuífero de la Vega de Granada; ese “destino” de campo, en años de formación y juventud, me marcó profundamente, tanto por el contacto con las gentes, como por el descubrimiento de una Vega humanizada y al mismo

tiempo natural, que a las mismas puertas de Granada se extendía, para desconocimiento y desafecto de muchos granadinos. Desde entonces, procuro no perder el contacto con la “tierra y sus gentes”, pese a que se me va, irremisiblemente, la Vega que conocí.

La primera de esas personas fue Rafael Fernández Rubio, maestro y amigo, al que se rinde merecidísimo homenaje con este libro; él fue el director de esa Tesis Doctoral sobre el acuífero de la Vega de Granada, que venía de rebote de la de Sierra Arana, ¿te acuerdas Rafael?. Mucho me ayudó también Manuel del Valle Cardenete (qepd), por aquellos años director de la oficina del IGME en Granada, que me ofreció toda la documentación del “Geológico” y su sabiduría sobre la Vega adquirida de su paso por la FAO. Antonio Martín e Ignacio Gracia (el otro co-director de la tesis), catedráticos de Química en la Universidad de Sevilla, me brindaron su hospitalidad y conocimientos para hacer posible el trabajo analítico. A todos mi más sincero agradecimiento.

REFERENCIAS

- Acuña, M.J. (1981). *Contaminación por plaguicidas organoclorados de la Vega de Granada*. Tesis Doct. Univ. Granada. 380 p.
- Adarve, A. y Castillo, A. (1999). Estimación de los recursos drenados por el acuífero de la Vega de Granada al río Genil mediante el análisis de los hidrogramas de la estación de Puente Castilla (Granada; España). *Geogaceta*, 25: 7-10
- Castillo, A. (1986). *Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada*. Tesis Doct. Univ. Granada. Eds. Univ. Granada & IGME. 658 p.
- 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. interno Univ. Granada para GIRSA. 150 p.
- Castillo, A. (2003). *Estimación de los recursos hídricos del sistema de la Vega de Granada*. En “Propuestas para la gestión integral del agua en la Vega de Granada”. Inf. Restrignido. EMASAGRA
- Castillo, A.; del Valle, M. y Perandrés, G. (1996). El acuífero de la Vega de Granada, según fue descrito en los “Proyectos de la FAO” (1966-72). *IV SIAGA*, II: 401-414
- Castillo, A.; Pulido-Bosch, A. y Martínez Carmona, N. (1995). Cuantificación del nitrógeno aportado por fertilizantes al acuífero de la Vega de Granada. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, XX: 467-479
- Castillo, A.; Pulido-Bosch, A. y Martínez Carmona, N. (1997). Evolution de la pollution par fertilisants dans un grand aquifere detritique du sud de l’Espagne. In *Freshwater Contamination*. Ed. B. Webb. IAHS Publ. N° 243: 203-209
- Castillo, A. y Sánchez-Díaz, L. (2004). *Estudio de la calidad de las aguas de la Vega de Granada. Aplicación al riego del tabaco*. Inf. inédito. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 123 p
- Castillo, A.; Sánchez-Díaz, L.; Chica, M. y Luque, J.A. (2004). Distribución espacial de nitratos en el acuífero de la Vega de Granada: análisis de las situaciones en 1983 y 2003. *Geogaceta*, 36: 115-118

De la Colina, C. (1996). *Metodología para la determinación de residuos de plaguicidas en aguas. Aplicación al acuífero de la Vega de Granada*. Tesis Doct. Univ. Granada. 303 p

FAO/IGME. (1970). *Proyecto de investigación hidrogeológica de la cuenca del Guadalquivir*. Informe técnico nº 1. AGL:SF/SPA 9. 115 p.

FAO/IGME (1972). *Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir, España. Utilización de las aguas subterráneas para la mejora del regadío en la Vega de Granada*. Inf. Técnico nº 2. AGL: SF/SPA 16. 218 p

IGME/GEOMECÁNICA (1983). *Modelo matemático de flujo del acuífero de la Vega de Granada*. Inf. interno. 4 vol.

Sánchez-Díaz, L. y Castillo, A. (2004). Distribución del ión cloruro en el acuífero de la Vega de Granada; consideraciones hidrodinámicas. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, XXVI: 71-80

Trac, N. (1968). *Mapa hidrogeológico de la Vega de Granada* (escala 1:25.000). FAO-IGME