

# Los careos y su impacto ambiental

## The "careos" and their environmental impact

Y. Ben Sbih, A. Pulido Bosch y A. Vallejos

Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias, Fuentenueva s/n. 18071 Granada

### ABSTRACT

The relationships existing between acequias and springs are studied. The "careos" is a very old system of artificial recharge practiced in the Alpujarra region. The data obtained from a tracer test allow us to propose a conceptual model which consists in different flow systems superposed. These flows can be characterized from hydrogeochemical parameters.

**Key words:** "careos", tracer, springs, conceptual model.

*Geogaceta*, 17 (1995), 79-81  
ISSN:0213683X

### Introducción

La posición que ocupa la Alpujarra (fig. 1), en el borde meridional del Parque Natural de Sierra Nevada, con las altas altitudes que la caracterizan, hace que una parte considerable de las precipitaciones tenga lugar en forma de nieve (normalmente desde finales de Octubre a principios de Mayo). Bien entrada la primavera, a mediados de Abril, la fusión de la nieve provoca el aumento del caudal de los ríos del área, los cuales tienen régimen típicamente nival (Pulido Bosch, 1980).

En el área afloran materiales de los Complejos Nevado-Filábride, Alpujárride y, en algunas depresiones, sedimentos neógenos y cuaternarios (Aldaya, 1969; Aldaya *et al.*, 1978 y 1983; Delgado *et al.*, 1981; Estévez *et al.*, 1985; González Lo-

deiro *et al.*, 1990). En la Alpujarra predominan los afloramientos de materiales nevado-filábrides, micasquistos en general, con cuarcitas e intercalaciones de mármoles, gneises y anfibolitas; la capacidad de almacenamiento y transmisión del agua en estos materiales está relacionada con la franja de alteración superficial, con la fracturación y con las diferentes discontinuidades existentes en la roca madre, resultado de la actividad tectónica y neotectónica que ha afectado al área a lo largo de su compleja historia geológica.

De las cumbres de Sierra Nevada bajan una serie de ríos y riachuelos de cauces bien trazados; los árabes entre los siglos IX y XV y, probablemente los romanos antes que ellos, según algunos autores (Sabovik, 1973), desviaban el agua de los ríos a través de acequias no

revestidas (Pulido Bosch y Ben Sbih, 1993), hacia unos lugares más permeables bien identificados, en las áreas deficitarias; este método es conocido bajo el nombre de *careo*.

### Objetivos de los careos

El objetivo principal perseguido por esta práctica fue garantizar el caudal de los manantiales que abastecían a los núcleos urbanos o que se empleaban en regadío, durante el estiaje, aprovechando para ello el poder regulador del terreno. Aunque este fue el objetivo primordial, esta práctica cubre otros secundarios, posiblemente no ignorados por los promotores de los *careos*.

En un área de *careo* el caudal que llega a infiltrarse puede alcanzar 200 l/s; las surgencias principales relacionadas con él, en los meses de estiaje pueden no superar un caudal de 1 l/s, lo que evidencia que una importante fracción del agua careada no se recupera. Lógicamente ese agua "perdida" satisface el déficit de humedad del suelo y, eventualmente, puede pasar a una circulación más profunda.

En este sentido, la realización de una prueba con trazador -Cloruro de Litio (CLi)- viene a corroborar lo expuesto. En efecto, aunque no se llegó a la restitución total del trazador, la distribución multimodal registrada en los puntos de muestreo se explica invocando la existencia de una circulación a través diferentes vías intercomunicadas: la franja de alteración, las fracturas y fisuras de la roca madre, y las grandes fracturas (flujo pro-

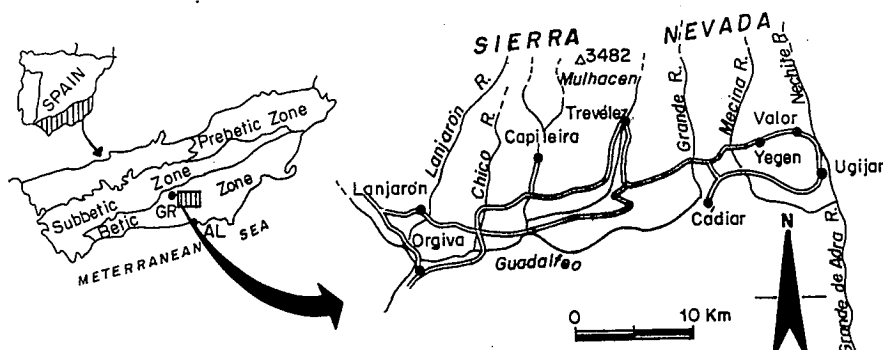


Fig. 1.- Localización geográfica del área de estudio.

Fig. 1.- Geographic location of the study area.

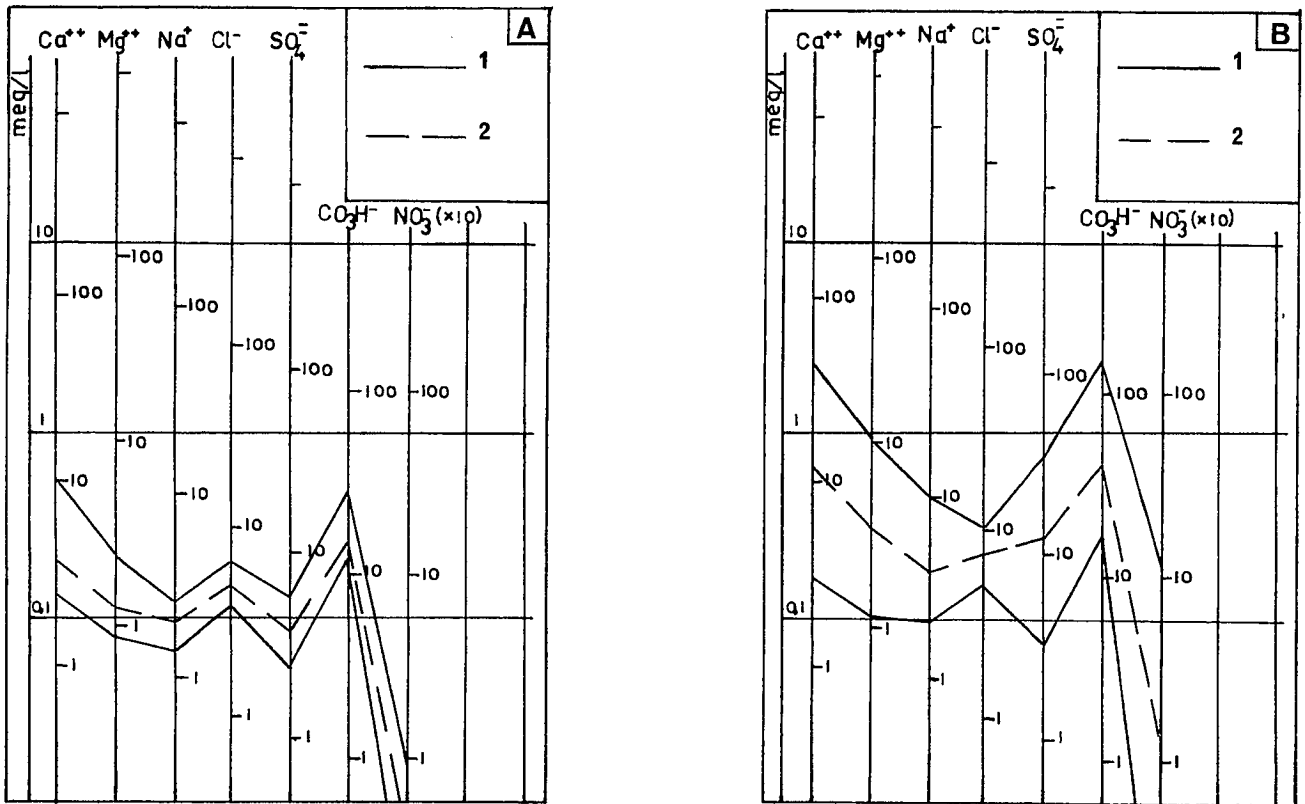


Fig. 2.— Diagrama logarítmico de las medias entre campañas de seguimiento; correspondientes a las acequias (A) y a las surgencias (B). 1: Valores extremos; 2: Valores medios.

Fig. 2.— Logarithmic diagrams of mean between sampling campaigns corresponding to acequias (A) and springs (B). 1: Extreme values; 2: Mean values.

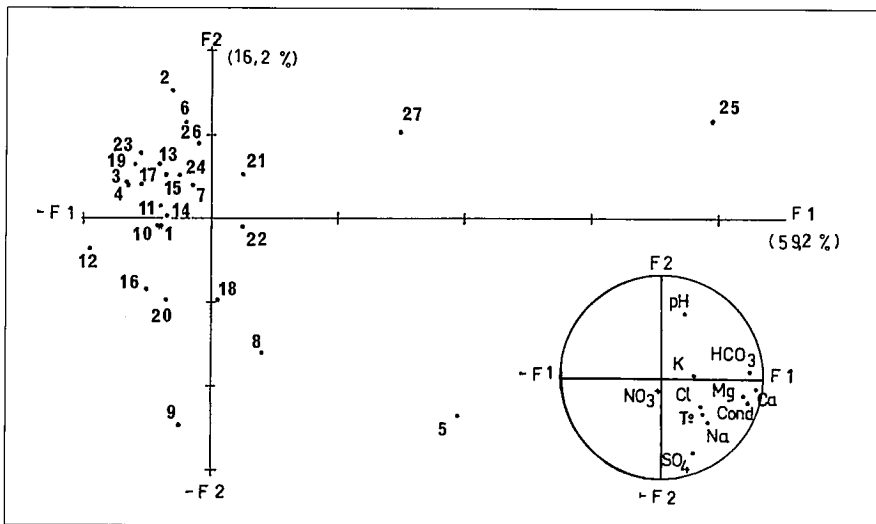


Fig. 3.— Representación en el plano factorial F1/F2 de las variables y observaciones consideradas. Los puntos 1, 4, 6, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 y 26 son aguas de las acequias; los restantes corresponden a surgencias.

Fig. 3.— Graphic representation on the factorial plane 1-2 of variables and observations. Points 1, 4, 6, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 and 26 are waters from acequias; the rests are springs.

fundo). La circulación en la franja de alteración (6.5 m/h) es más lenta que en las fracturas y fisuras de la roca madre (13 a 21 m/h), lo que permite una mayor regulación del caudal que pasa al subsuelo; además, dado que se recuperó trazador en

surgencias muy lejanas del sector de careo hace suponer que la circulación profunda es más probable.

Otro aspecto notable que cubre esta práctica está en relación con el enriquecimiento salino de las aguas que se mani-

fiesta en los valores de la conductividad, los cuales pasan de 20–30  $\mu$ S/cm, en las aguas superficiales, a 300  $\mu$ S/cm en algunas surgencias. De los valores de conductividad medidos se ha podido también diferenciar dos tipos de surgencias: unas llamadas por los lugareños "remanentes" o "remanientes", que son surgencias pobres en sales con conductividad que no supera los 70  $\mu$ S/cm y caudal que se agota cuando se deja de carear; este escaso enriquecimiento es el resultado del poco tiempo de contacto entre el agua infiltrada y la roca, dada la escasa distancia que separa la zona de careo y el punto de surgencia (menos de 500 m). Este tipo de surgencias se da esencialmente en la zona de alteración. Y las otras llamadas "fuentes", que son perennes, con contenidos salinos más elevados —la conductividad varía entre 100–300  $\mu$ S/cm; estos últimos valores se miden en los terrenos carbonatados—; este tipo de surgencias se encuentra a más de 2000 m de distancia del sector de careo correspondiente. Normalmente los "remanentes" se emplean para riego exclusivamente mientras que las "fuentes" lo son para abastecimiento, aunque los sobrantes se añaden al riego (Spahni, 1983).

La fracción del agua careada que se

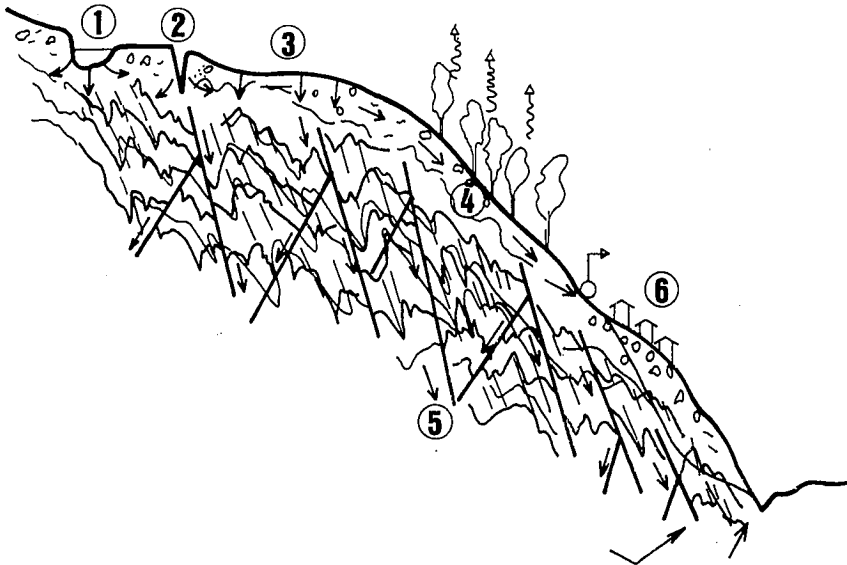


Fig. 4.- Esquema conceptual del funcionamiento hidráulico de la Alpujarra. 1: Acequia sin revestir; 2: Careo en una fractura abierta (sima); 3: idem en superficie permeable; 4: Circulación a lo largo de la franja alterada (alimentación a la vegetación); 5: Flujo intermedio y/o profundo, que alimenta a los ríos principales; 6: Surgencia tipo remanente; 7: idem tipo fuente.

Fig. 4.- Conceptual scheme of hydraulic functioning of the Alpujarra area. 1: without facing acequias; 2: Careo into open fractures; 3: idem in highly permeable area; 4: Circulation across weathering zone (vegetation feed); 5: Intermediate and/or deep flow, that feed at principal rivers; 6: Spring type remanente; 7: Spring type fuente.

“pierde” en el medio, cubre un importante objetivo ambiental al permitir mantener la humedad y la disponibilidad de agua por parte de las plantas (árboles, matorral, monte bajo, etc.); algo similar sucede con las pérdidas a través de las acequias sin revestir—que son la práctica totalidad—siendo notable su afeción al medio en aquellos tramos en los que se procedió a un revestimiento con hormigón.

#### Caracterización fisicoquímica de las aguas

Actualmente en el área de estudio, entre Orgiva y Ugijar, hemos contabilizado 46 puntos de careo (Pulido Bosch y Ben Sbih, 1993). Entre Febrero de 1992 y Agosto de 1993, hemos realizado 10 campañas de seguimiento sobre 11 puntos de careo y 16 surgencias (Pulido Bosch y Ben Sbih, en prensa). La caracterización se ha llevado a cabo con los valores medios, de los parámetros físicos y químicos mayoritarios de las 10 campañas del seguimiento.

La representación sobre el diagrama logarítmico de los valores extremos y medios de las aguas superficiales y de las manantiales (fig. 2 a y b), muestra que la facies hidroquímica media es bicarbonatada cálcica y, raramente, bicarbonatada clorurada cálcica. En el diagrama logarítmico relativo a las acequias, el bajo intervalo de variación de concentración iónica que existe entre los valores mínimos y

máximos es reflejo de la homogeneidad de estas aguas; de igual modo, es notable su baja concentración.

En cuanto a las surgencias, se pueden distinguir 2 tipos: el primero, con concentraciones próximas a las de las aguas superficiales; y el segundo, con mayor contenido iónico esencialmente bicarbonato y calcio, supuestamente en relación con las rocas carbonatadas (mármoles nevado-filábrides) que existen en el área. Del seguimiento realizado constatamos que el paso del agua de las acequias a las surgencias se caracteriza por el aumento de la concentración salina, principalmente de bicarbonatos, sulfatos, calcio y magnesio. Es de notar que la relación iónica no sufre modificaciones notables en los valores extremos, esencialmente entre Ca y Mg, y entre  $SO_4$  y  $CO_3H$ .

La matriz de similitud obtenida mediante el análisis factorial dio una alta correlación entre bicarbonatos, calcio, magnesio y la conductividad. La representación sobre el plano factorial F1/F2 (fig. 3) permite separar los 27 puntos en 2 grupos, uno caracterizado por su baja mineralización y la ausencia de contaminación; otro situado en el sector que explica la mineralización y, por tanto, comprende aguas de mayor contenido salino.

#### Discusión final

Atendiendo a los resultados del seguimiento hidrogeoquímico y de la expe-

riencia con trazador, se puede establecer un modelo conceptual (fig. 4) relativo al funcionamiento hidrogeológico del área; las aguas de los "remanentes" circulan esencialmente a través de la franja alterada; las aguas de las "fuentes", circulación predominante a través de la red de discontinuidad de la roca madre; por último, una fracción se podrá incorporar a un flujo profundo, de temperatura superior y contenido salino elevado, algunas de cuyas surgencias son conocidas en el borde meridional de Sierra Nevada (Rodríguez *et al.*, 1981).

Queremos resaltar el impacto ambiental positivo que tiene esta práctica ancestral, mediante la cual, además de garantizar los caudales de estiaje en los núcleos urbanos y conseguir un agua con una mineralización más elevada, se consigue que amplios sectores mantengan una humedad en el suelo tal que permite el desarrollo de una densa vegetación.

#### Agradecimientos

A la CICYT, proyecto AMB92-0211 y a la Junta de Andalucía, Grupo de Investigación 4074, por su contribución a la financiación de la investigación.

#### Referencias

- Aldaya, F. (1969). *Tesis Univ. Granada*. 527 p.
- Aldaya, F. *et al.*, (1979). *IGME*. Madrid. 65 p.
- Aldaya, F. *et al.*, (1983). *IGME*. Madrid. 60 p.
- Delgado, F., Estévez, A., Martín, J. M. y Martín-Algarra, A. (1981). *Bol. Geol. Min.* LXXXV-II: 149-152.
- Estévez, A., Delgado, F., Sanz de Galdeano, C., Algarra, A. M. (1985). *Mediterránea*, 4: 5-32.
- González Lodeiro, F. Galindo, J. y Jabaloy, A. (1990). *II Reun. Com. Tectónica*. Sociedad Geológica de España. 193 p.
- Pulido Bosch, A. (1980). *Serie Univ. Fundación J. March*. 51 p. Madrid.
- Pulido Bosch, A. y Ben Sbih, Y. (1993). XXIV IAH Congress. Oslo. 301-310 p.
- Pulido Bosch, A. y Ben Sbih, Y. *Environmental Geology* (en prensa).
- Rodríguez, J., Velilla, N. y Fernández-Rubio, R. (1981). *SIAGA*, I: 501-515. Granada.
- Sabovik, P. (1973). *Tesis Univ. Yale*. 564 p.
- Spahni, J.C. (1983). *Diputación de Granada*. 190 p.