

ESTUDIO HIDROQUÍMICO DE LAS AGUAS SUBTERRANEas DEL CAMPO DE NIJAR. 1990.

**Diego Cervantes Ocaña*

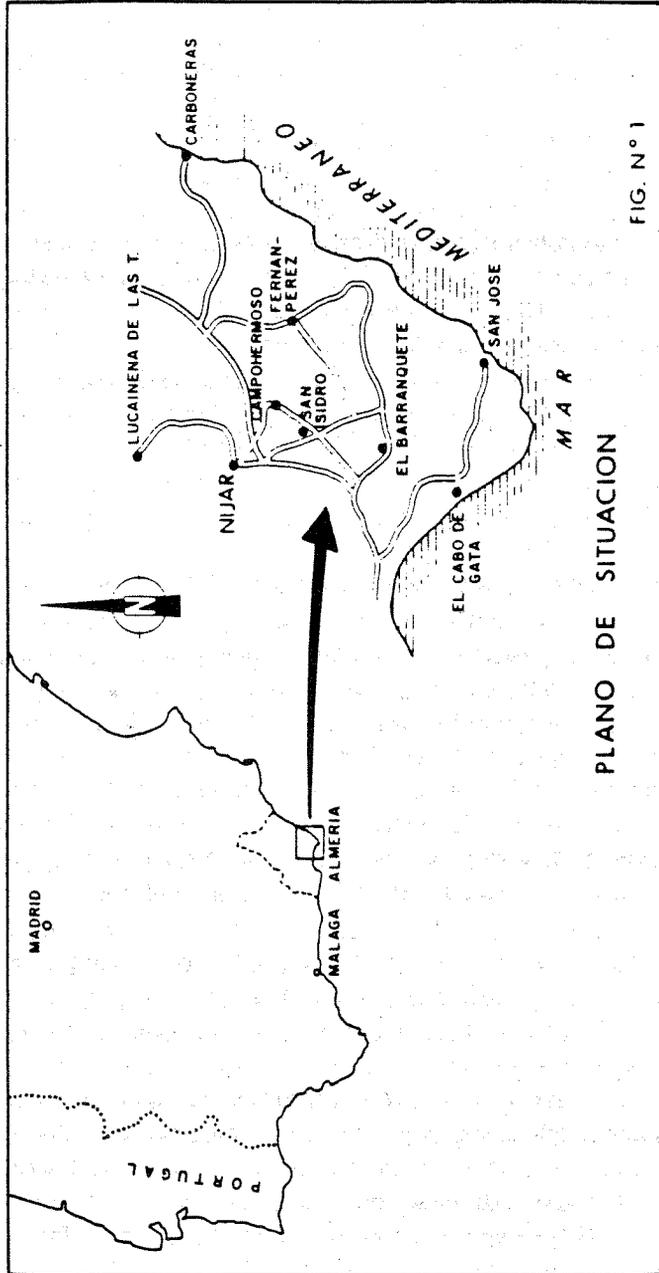
RESUMEN

En el presente trabajo se aportan nuevos datos analíticos del contenido en iones mayoritarios y en boro, de las aguas subterráneas del Campo de Níjar. La red de muestreo comprende 54 puntos. Las muestras fueron tomadas en Noviembre de 1989.

I.- INTRODUCCION

La zona denominada CAMPO DE NIJAR se encuentra enclavada en el extremo suroriental de la provincia de Almería, y se corresponde con una depresión con cotas inferiores a los 300 m que se extiende entre la Sierra Alhamilla al Noroeste y la Serrata al Sureste. Esta depresión está surcada por la rambla de Artal en la dirección Noreste-Suroeste, a la que llegan perpendicularmente otras ramblas tributarias. La zona de estudio queda dentro de las hojas topográficas números 1.045, 1.046, 1.059 y 1.060. (Figura 1).

* Dr. en Ciencias Químicas



Se ha considerado como zona de estudio de terreno la correspondiente a la cuenca hidrográfica que engloba al Campo de Níjar y que tiene una superficie del orden de 300 Km², y que en adelante denominaremos Campo de Níjar.

En esta zona, la insolación media anual es máxima con valores de 3.000 a 3.600 horas de sol y a su vez la nubosidad es la mínima de España con 35 días cubiertos al año de media. La temperatura media oscila entre los 10 C en las zonas altas a 18 C en las bajas. Las variaciones pluviométricas son tan extremadas que es fácil que suceda que la precipitación de un determinado día (10 de Octubre 1.966) sea de 173 mm frente a un total de 141 mm en el resto de días del mismo año.

Desde un punto de vista general, la provincia de Almería, a la que pertenece el llamado Campo de Níjar, está incluida en la zona clasificada climatológicamente como árida, con excepción de parte de su franja litoral y alguna zona del interior, como las que corresponden a los nacimientos de los ríos de Adra y Andárax, en las estribaciones del sur de Sierra Nevada, que quedan clasificadas como semiáridas.

Esta aridez se caracteriza por débiles precipitaciones, con las naturales variaciones estacionales e interanuales, por una temperatura media elevada y por un gran poder evaporante de la atmósfera. Estas condiciones naturales unidas a las características hidrogeológicas regionales, explican la escasez de aguas superficiales que quedan, casi exclusivamente, limitadas a las propias del río Adra, Andárax y Almanzora, que rara vez llegan al mar debido al exhaustivo aprovechamiento por las huertas ribereñas. Esto ha dado lugar a la necesidad de recurrir inexorablemente a la explotación de los recursos hidráulicos subterráneos para poder, así, satisfacer a las crecientes demandas de la agricultura y del consumo humano.

El Campo de Níjar se encuentra enclavado en zona árida y sus características no permiten la existencia de cursos superficiales de agua continuos, siendo por tanto lógico el aprovechamiento máximo de los recursos de agua subterránea.

En esta comarca se localiza una serie de acuíferos que constituyen el denominado subsistema Campo de Níjar, el más importante por extensión, recursos y explotación dentro del Sistema Acuífero Níjar-Carboneras.

En el Estudio Hidrogeotérmico de la Comarca del Campo de Níjar (I.T.G.E., 1.982) se aborda en profundidad el estudio geológico de esta zona. En el mismo se determina que los acuíferos del referido subsistema

se desarrollan principalmente en formaciones miocenas sedimentarias y en otros materiales neógenos y cuaternarios que las recubren en su mayor parte. Todo este conjunto post-orogénico se dispone discordantemente sobre un sustrato constituido por materiales pelozoico-triásicos de la zona Bética y formaciones volcánicas terciarias.

El subsistema acuífero del Campo de Níjar es, en su conjunto, un acuífero libre, de tipo detrítico carbonatado con permeabilidad mixta. Su alimentación se debe a la infiltración (directamente del agua de lluvia y de una parte de la escorrentía superficial procedente de las cuencas vertientes al subsistema), a retornos y a la aportación lateral subterránea procedente de otros acuíferos, a través de los sectores "abiertos" que, excepcionalmente, interrumpen los límites impermeables.

Prácticamente la totalidad de los puntos de agua que se explotan se utiliza en agricultura.

No se ha realizado un estudio específico de los focos de contaminación, control y seguimiento de la misma, etc., del subsistema Campo de Níjar, aunque el I.T.G.E. lo abarcó, de un modo general, dentro del estudio de la Calidad Química de las Aguas Subterráneas en Andalucía (6). En dicho estudio se estableció que la posible contaminación de los acuíferos del Término Municipal de Níjar puede deberse, en general, a los tres grupos relacionados con la actividad humana que la origina: contaminación de origen urbano, industrial y agrícola. Así los cerca de 12.000 habitantes que pueblan el término de Níjar, de los que un 50 % se concentran en el propio Campo, general al año más de 5.000 Tm de residuos sólidos urbanos que depositan en vertederos incontrolados y vierten directamente alrededor de 1 hm³/año de aguas residuales.

La superficie regada en dicho término municipal es de 6.000 ha., de las que más de la mitad se concentran en el Campo de Níjar entre Atochares, San Isidro, Puebloblancos y Campohermoso, y donde en total se depositan cerca de dos millones de U.F.N. de nitrógeno/año procedentes de los procesos de abonado. La ganadería del término de Níjar se calcula que aporta a los acuíferos una carga mineral de unos 40.000 kg de nitrógeno al año.

La demanda total actual de agua en la zona de Níjar-Carboneras se estima en unos 34 hm³/año de los que el 91 % son generados por el sector agrícola y el resto para abastecimiento e industria. Prácticamente la totalidad de estas demandas se abastece con aguas subterráneas y la mayor parte proceden del propio subsistema Campo de Níjar.

Los estudios sobre la calidad química de estas aguas realizados hasta la fecha, demuestran que poseen una notable mineralización, son aguas duras y se distingue un fuerte predominio de facies clorurada sódica.

El presente estudio, tiene como objetivo, la aportación de nuevos datos analíticos del contenido en iones mayoritarios y en boro, de las aguas del Campo de Níjar, sobre muestras recogidas en el periodo comprendido entre Noviembre y Diciembre del año 1.989.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1.- RED DE CONTROL

Se procedió en primer lugar al establecimiento de la red de muestreo en la zona objeto de estudio. A tal fin se realizó una extensa revisión bibliográfica sobre estudios previos de carácter hidroquímico. Así, se ha estudiado detenidamente la geología, la hidrogeología, los inventarios de puntos de agua existentes, las columnas litológicas de sondeo del INC y datos del IGME (evoluciones piezométricas, tipos de captaciones, acceso a las mismas, etc...). Toda esta labor ha permitido escoger los puntos acuíferos que "a priori" parecían más idóneos.

En cualquier caso, la relación de puntos a muestrear realizada en gabinete se modificó ligeramente en base a la información obtenida en el campo tras el reconocimiento en el terreno de aspectos tales como facilidad de acceso al punto en cuestión, posibilidad física de tomar la muestra o localización del encargado o dueño de la instalación.

La red de muestreo resultante tiene una distribución en el area de estudio de una densidad tal que permite conocer la distribución espacial de la calidad química de la aguas, así como, en los casos en los que la existencia de estudios previos lo permitan, en los diferentes sistemas acuíferos.

En la figura 2 se observa la distribución espacial de los puntos muestreados. Las muestras se recogieron en el mes de Noviembre del año 1.989.

2.2. METODOS ANALITICOS

Las determinaciones analíticas se han realizado por los métodos propuestos por ASTM (1.980), RODIER (1.981) y CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRAFICOS (1.971). Las muestras se han tomado en botellas de plástico y conservado según se indica en bibliografía RODIER (1.981).

3.- RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los análisis químicos, que se reúnen en la tabla anexa, han sido estudiados mediante la elaboración de planos hidroquímicos y diagramas, con el fin de determinar, en conjunto, las características químicas del acuífero.

3.1.- PLANOS HIDROQUIMICOS

3.1.1.- Plano de conductividad

Los valores oscilan entre 1.680 umhos.cm⁻¹ en el punto número 39, hasta 13.500 umhos.cm⁻¹ en el número 20. Se han diferenciado tres zonas:

Conductividad media... 2.250 umhos.cm⁻¹

Conductividad alta... De 2.250 a 5.000 umhos.cm⁻¹

Conductividad muy alta... 5.000 umhos.cm⁻¹

Teórica y prácticamente se ha demostrado que la cantidad de sales disueltas e ionizadas en el agua es proporcional a la conductividad eléctrica. Uno de los aspectos más interesantes desde el punto de vista del riego es el contenido en sales de agua. Los valores obtenidos, son en general, bastante altos para toda la zona (figura 3) lo que implica una notable mineralización de las aguas. Los menores se encuentran en la zona más próxima al pueblo de Níjar, o sea en el Nordeste del Campo. Los valores máximos se presentan en la zona Sur, en los bordes de la Rambla Morales junto a El Barranquete.

3.1.2.- Plano de Cloruros

En conjunto, los valores oscilan entre 146 mg. L⁻¹ en el punto número 21, hasta 2.414 mg. L⁻¹ en el número 20, siendo el valor medio, 558 mg. L⁻¹. (Figura 4). Se han delimitado tres zonas diferentes en función del contenido en ión Cl⁻:

La de peor calidad (concentración de Cl⁻ superior a 500 mg. L⁻¹) se encuentra situada en las riberas de la Rambla Morales al sur, así como en otra zona central del Campo y algunos puntos situados al Norte. La mejor calidad (concentración de Cl⁻ inferior a 200 mg. L⁻¹) coincide básicamente con la de menores valores de conductividad y con dicho plano. El resto tiene un contenido alto, comprendido entre los 200 y 500 mg. L⁻¹.

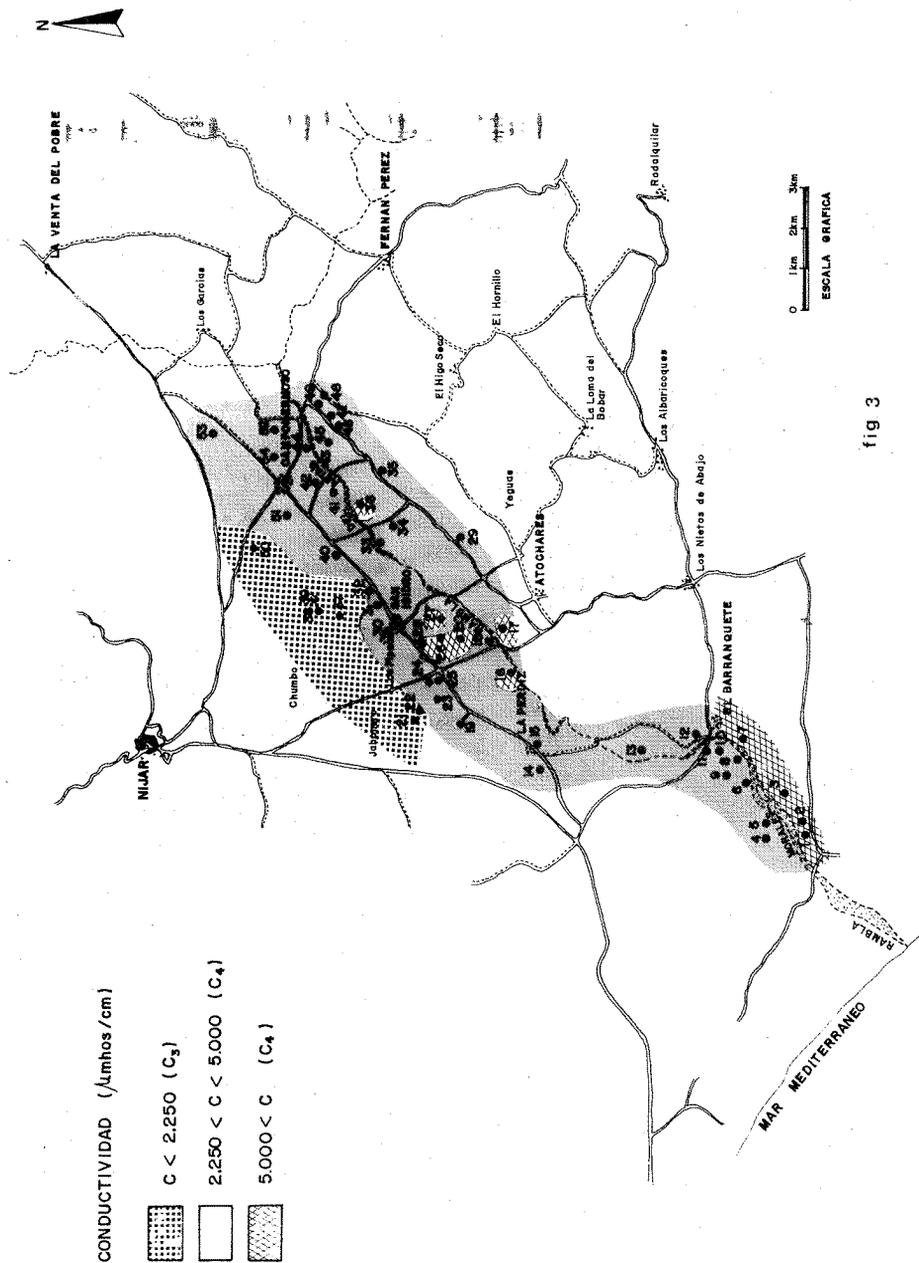
El ión cloruro es uno de los más conocidos, en sus efectos, de todos los iones salinos. Su presencia en las aguas hace que los cultivos queden afectados con gran frecuencia de clorosis foliares acentuadas en las partes más iluminadas, que pueden degenerar en necrosis de los bordes foliares. Se señala como límite de tolerancia para aguas de riego 500 mg. L⁻¹, aunque esto depende del tipo del suelo.

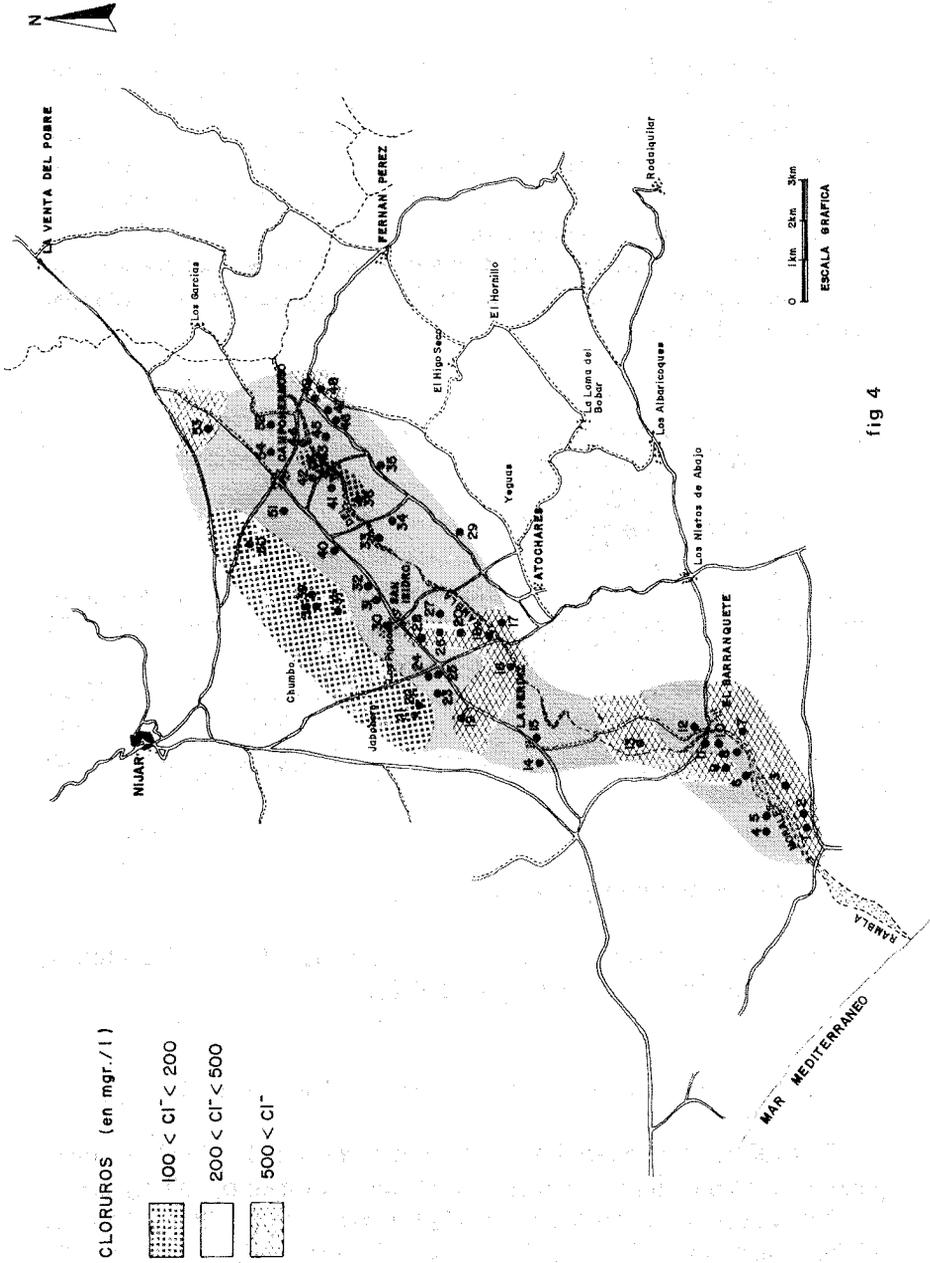
3.1.3.- Plano de sulfatos

Los valores oscilan entre 129 mg. L⁻¹ de ión SO⁴⁼ en los pozos 39 y 50, hasta 1.650 mg L⁻¹ en el número 20, siendo el valor medio, 565 mg. L⁻¹ (Figura 5).

Hemos diferenciado tres zonas. La de mayor contenido (superior a los 600 mg. L⁻¹) corresponde a un área, en el borde sur-occidental del Campo; en esta zona, la presencia de yesos es bien patente. Nuevamente, al Nordeste se sitúan los pozos con menores valores (entre 100 y 300 mg. L⁻¹).

La presencia de sulfatos, es motivada por la disolución de los yesos tan frecuentes en las formaciones margosas del Mioceno. En el agua de riego puede dar lugar a problemas de corrosión de las conducciones cuando en su fabricación ha intervenido el cemento. El riesgo de corrosión es grande cuando el contenido en sulfatos del agua es del orden de 300 - 400 mg. L⁻¹.





3.1.4- Plano del Boro

Se diferencian dos grandes áreas. Una inferior a una línea que pasaría por San Isidro - Atochares, con concentraciones inferiores a 1 mg.L^{-1} , y la zona superior con niveles comprendidos entre 1.5 y 2.5 mg.L^{-1} . Sin embargo es de significar el alto contenido encontrado en algunos análisis, así, los puntos 21, 25, 28, y 44 con concentraciones comprendidas en el intervalo de 3 a 7 mg.L^{-1} . (Figura 6).

El boro es un elemento tóxico a niveles que algunos autores sitúan, en el agua de riego, en 0.5 mg.L^{-1} , no siendo aconsejable utilizar aguas que superen los 2.5 mg.L^{-1} .

3.2.- CONTENIDO DEL RESTO DE IONES INVESTIGADOS

3.2.1.- Contenido en Sodio

Los valores encontrados oscilan entre 205 mg.L^{-1} de ión Na^+ en el pozo número 38, hasta los 1.672 mg.L^{-1} en el 20, siendo el valor medio, 607 mg.L^{-1} .

El ión sodio es otro de los responsables de las toxicidades específicas en los cultivos. Concentraciones superiores a los 300 mg.L^{-1} pueden dar lugar a ellas. Así mismo este ión ejerce un efecto degradante en la estructura del suelo.

3.2.2.- Contenido en Potasio

Los valores encontrados llegan hasta 33 mg.L^{-1} en varios puntos, siendo su valor medio, 17 mg.L^{-1} en ión K^+ .

3.2.3.- Contenido en Calcio y Magnesio. Dureza total.

Los valores encontrados de ión Ca^{2+} oscilan entre los 43 mg.L^{-1} en el pozo 32 a los 632 mg.L^{-1} en el 20; siendo su valor medio, 137 mg.L^{-1} .

Los valores encontrados de ión Mg^{2+} varían entre los 30 mg.L^{-1} en el 43, hasta los 435 mg.L^{-1} en el 20, estando el valor medio alrededor de 95 mg.L^{-1} .

La dureza de las aguas oscila entre 233 y 3300 mg.L⁻¹ de Co₃Ca, siendo el valor medio de 740 mg.L⁻¹. En general se trata de aguas duras (valores entre 320 y 540 mg.L⁻¹) y en mayor número pueden calificarse de muy duras (valores superiores a 540 mg.L⁻¹).

3.2.4.- Contenido en Bicarbonatos y Carbonatos

Los valores encontrados oscilan entre los 472 mg.L⁻¹ de ión HCO³⁻ en el pozo 29, hasta los 1422 mg.L⁻¹ en el 20. Su valor medio es 728 mg.L⁻¹ de HCO³⁻. En cuanto a la suma de carbonatos y bicarbonatos, el valor medio de todas las muestras es de 752 mg.L⁻¹.

Tanto los carbonatos como los bicarbonatos provienen del anhídrido carbónico atmosférico y del suelo, y de la disolución de rocas carbonatadas.

3.2.5.- Contenido en Nitratos y Nitritos

Los valores encontrados alcanzan los 132 mg.L⁻¹ de ión NO³⁻ en el pozo número 20, siendo su valor medio 19 mg.L⁻¹.

El elevado contenido de nitrato que aparece en algunos pozos ha de ser debido a las prácticas agrícolas, por la utilización de fertilizantes nitrogenados y el notable lavado de los mismos. Este efecto se ve potenciado por el continuo reciclaje de las aguas subterráneas.

Los valores encontrados para los nitritos se encuentran en su mayor parte por debajo del límite de detección del método. No superando en los casos que se aprecia alguna cantidad, los 0,2 mg.L⁻¹.

3.3.- DIAGRAMAS

3.3.1.- Diagrama de Schoeller-Berkaloff

El diagrama de Schoeller-Berkaloff se representa en la figura 7. De su observación se deduce unas facies hidroquímicas clorurada sódica, siendo la dispersión de los valores pequeña excepto en el caso de los nitratos, donde es mayor. (Figura 7)

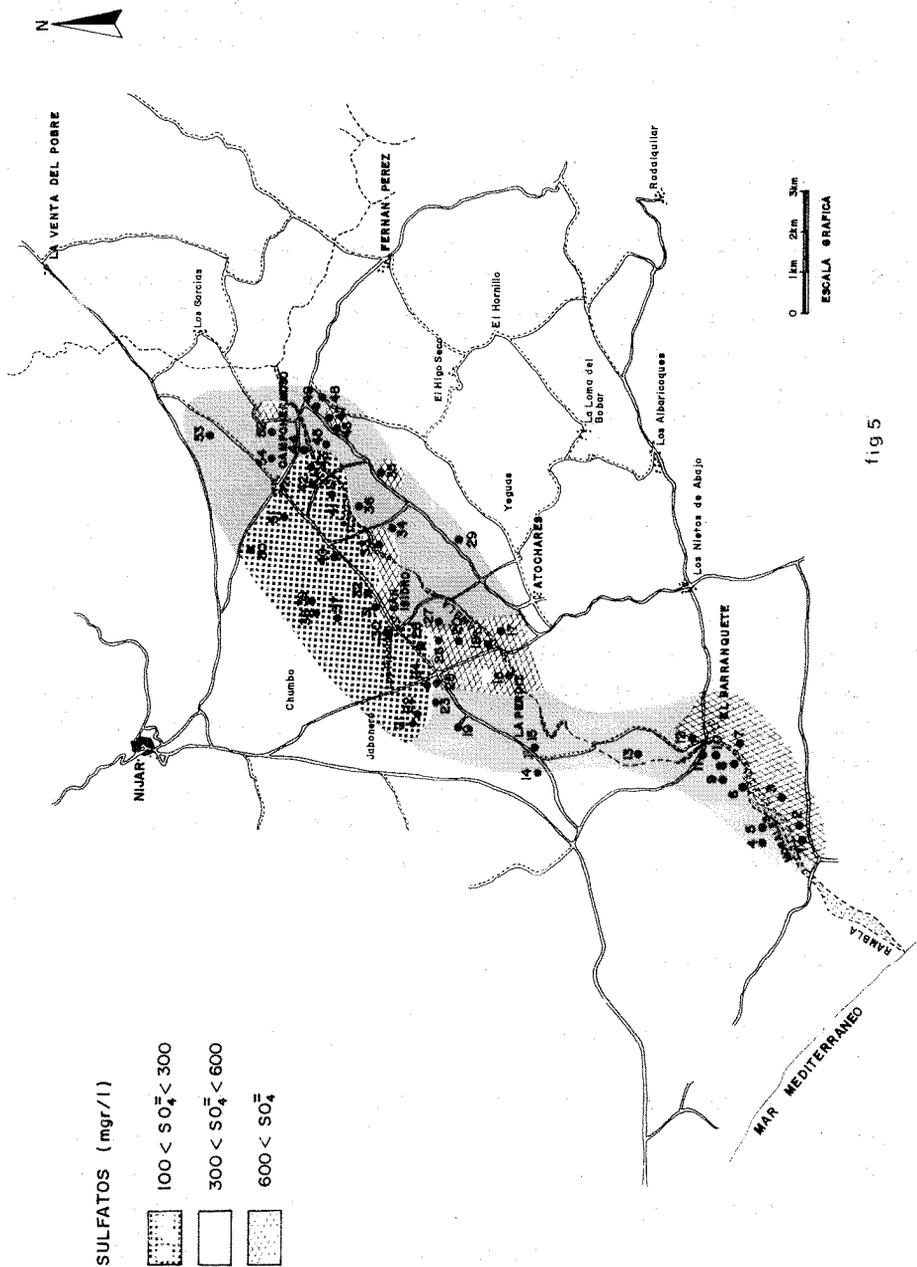
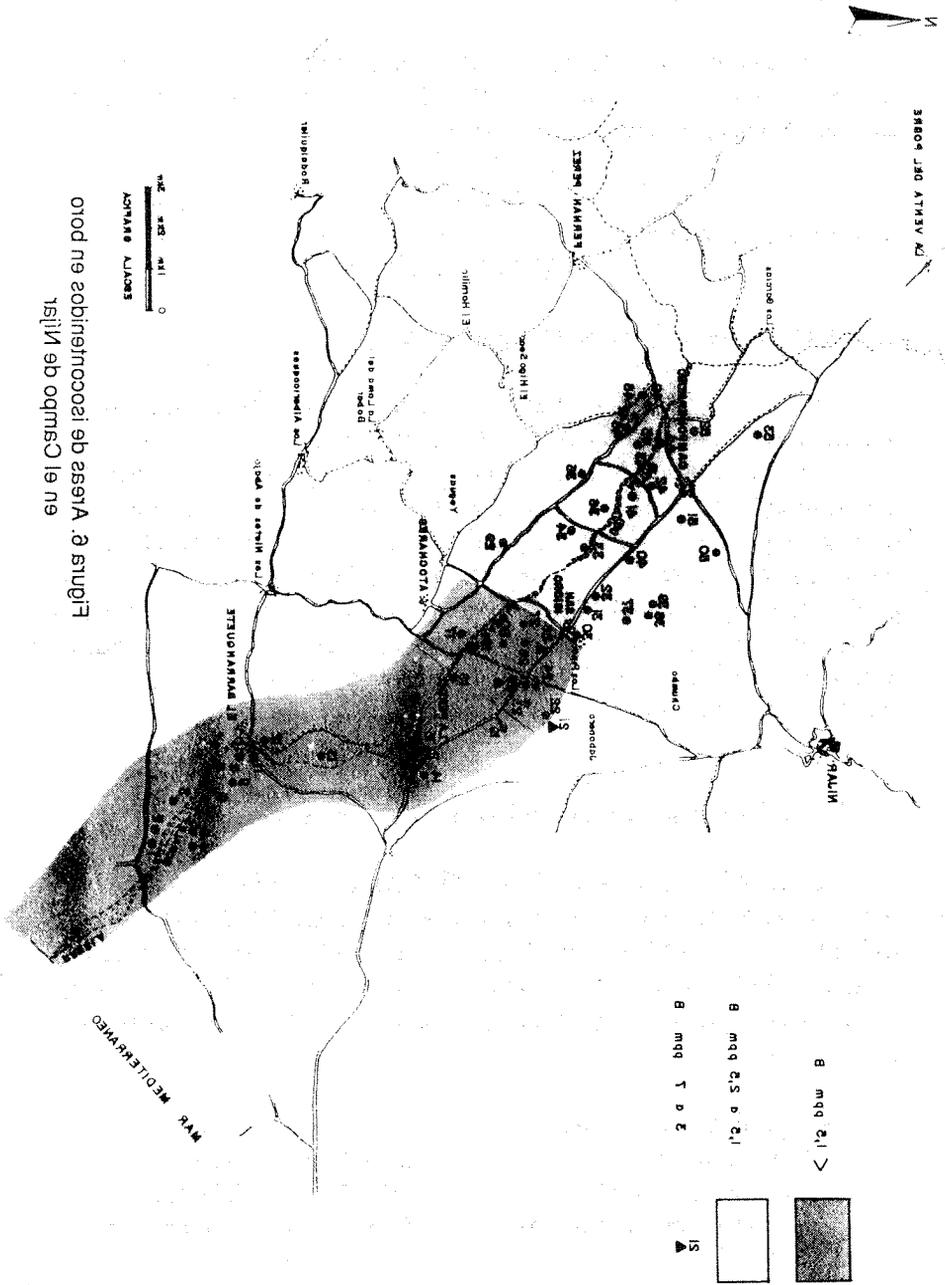


fig 5

Figura 6. Areas de isocóntigos en polo en el Cambio de Milist



3.3.2.- Índice S.A.R.

El S.A.R. ó índice de relación de sodio, se refiere a la proporción relativa en que se encuentran el sodio y los iones calcio y magnesio. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{S.A.R.} = \frac{[\text{Na}^+]}{[^{1/2}([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}])]^{1/2}}$$

en la que los cationes se expresan en meq.L⁻¹

Los valores encontrados para este índice, oscilan entre 3.7 en el pozo 38, hasta 21.4 en el 28, siendo el valor medio 10.1.

Uno de los iones que más favorecen la degradación del suelo es el sodio que sustituye al calcio en los suelos de zonas áridas, en circunstancias especiales y cuando se va produciendo la desecación superficial de los mismos. Esta sustitución da lugar a una dispersión de los agregados y a una pérdida de estructura, por lo que el suelo adquiere un aspecto pulverulento y amorfo, perdiendo rápidamente su permeabilidad. Valores del índice S.A.R. de un agua, superiores a 10, podemos decir que esta es alcalinizante, siendo mayor este riesgo cuanto mayor sea aquel valor.

3.3.2.- Diagrama de calidad agronómica de las aguas de riego

Para clasificar la calidad de las aguas para ser utilizada en regadío, seguimos la Norma Riverside, relacionando el índice S.A.R. y la conductividad mediante el "Diagrama de Eaton", se han clasificado las aguas del Campo de Níjar en diferentes zonas de calidad agrícola. Este diagrama, relaciona en papel semilogarítmico la conductividad (en escala logarítmica) y el S.A.R.:

C-1, conductividad baja:	100 - 250 umhos.cm ⁻¹
C-2, conductividad media:	250 - 750 umhos.cm ⁻¹
C-3, conductividad alta:	750 - 2.250 umhos.cm ⁻¹
C-4, conductividad muy alta:	2.250 - 10.000 umhos.cm ⁻¹

S-1, SAR bajo:	0 - 10
S-2, SAR medio:	10 -18
S-3, SAR alto:	18 -26
S-4, SAR muy alto:	26 -30

Uniendo estos dos factores, se han obtenido siete diferentes tipos de aguas, que se han agrupado, según igual calidad agrícola, en cuatro zonas:

- (1) Calidad buena: $S_1C_2 - S_1C_3$
- (2) Calidad mediocre: $S_1C_4 - S_2C_3 - S_2C_4$
- (3) Calidad mala: $S_3C_4 - S_4C_3$
- (4) Calidad inutilizable: S_4C_4

Las aguas para agricultura son buenas siempre que el SAR sea bajo, aunque la conductividad sea un poco alta. La conductividad del agua marca el peligro de salinización por precipitación de sales, pero sin embargo el SAR alto anula totalmente el terreno por el efecto de la impermeabilización del sodio.

En el diagrama de la figura 8 se señalan los diferentes puntos muestreados. Puede observarse con la mayor parte de ellos se encuentran en la zona que determina una calidad mediocre o mala, quedando unos pocos de calidad buena que coinciden con los pozos más cercanos al pueblo de Níjar.

Las aguas subterráneas de mejores características para uso agrícola se encuentran en el sur oriental. La mayor parte de estas aguas son de mala calidad para el riego y alto peligro de salinización del suelo. (Figura 9).

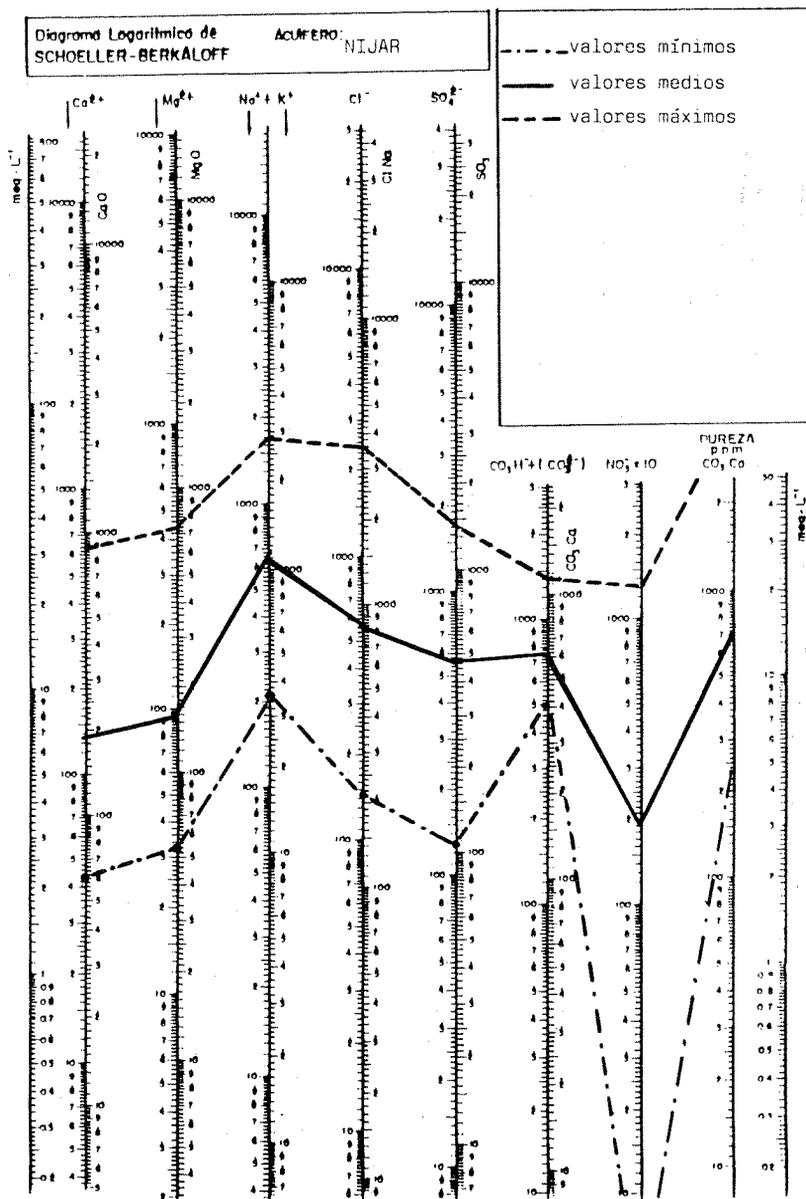


figura 7

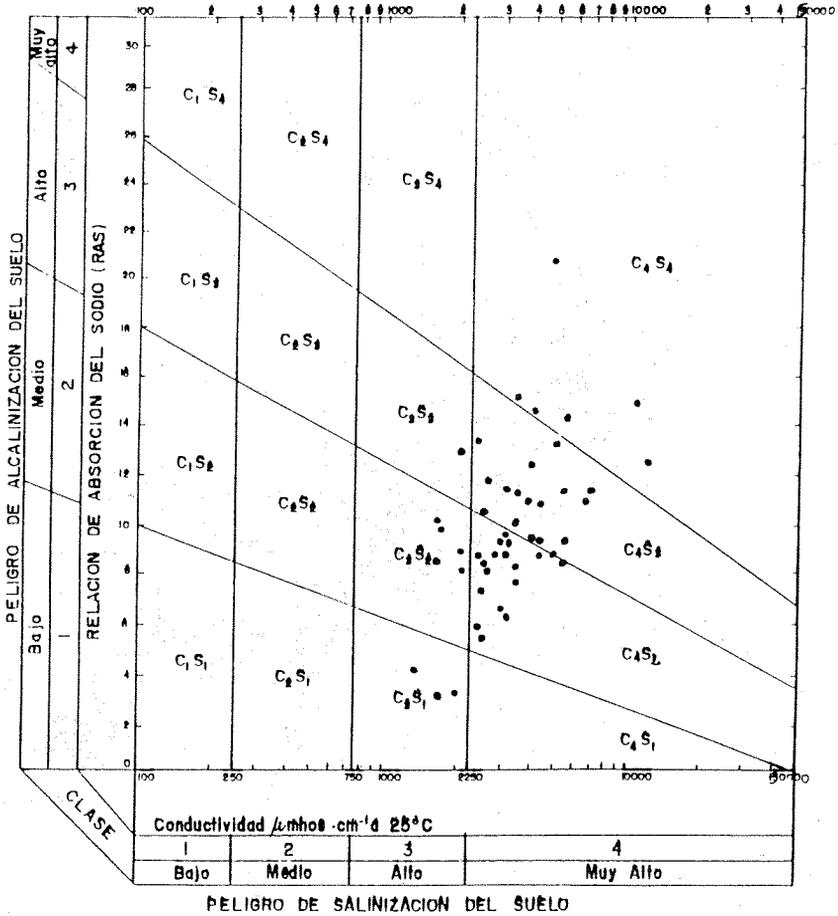


figura 8

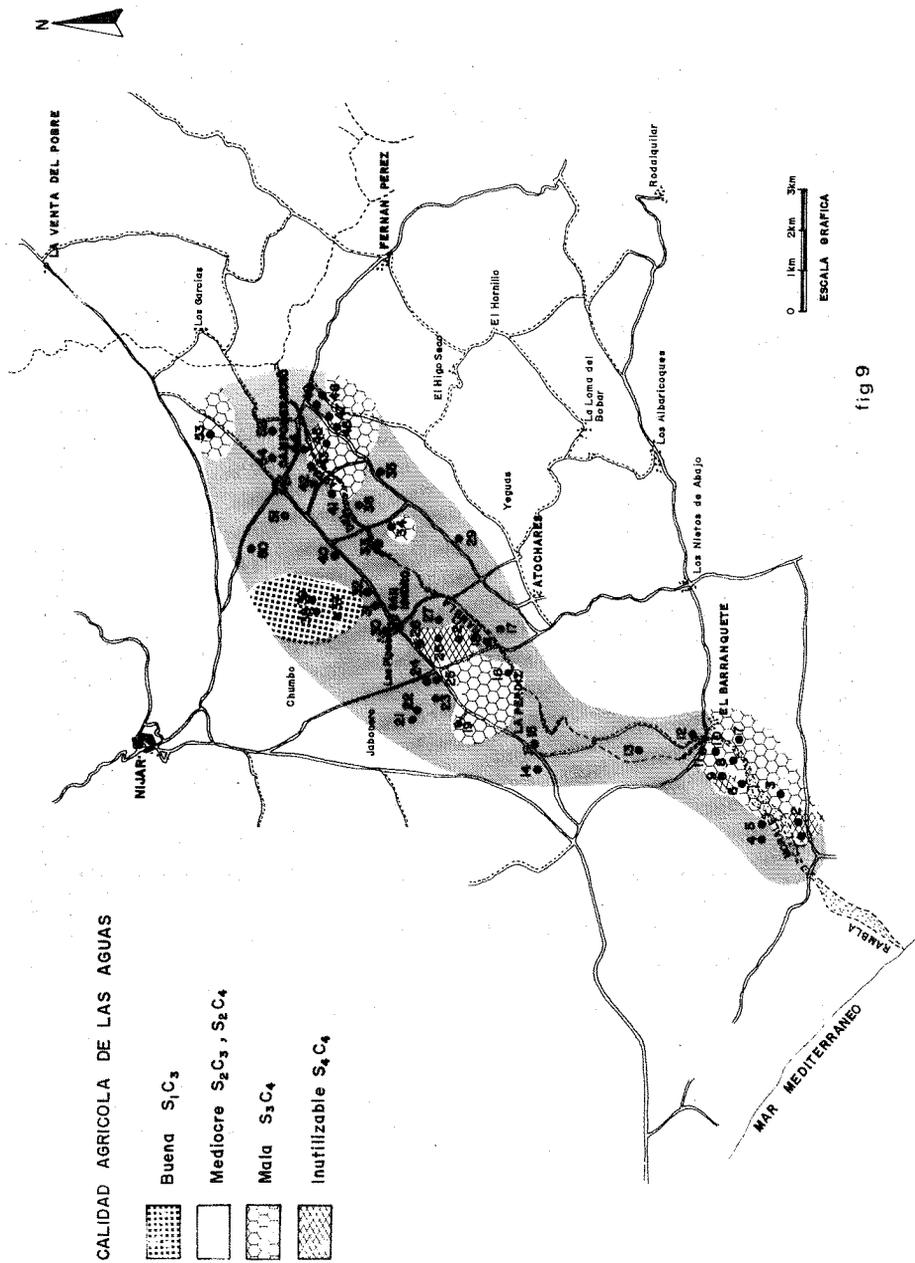


fig 9

TABLAS DE RESULTADOS ANALITICOS

Resultado de los análisis

Pto. muestreo	1	2	3	4	5
pH	7,44	7,22	7,55	6,77	7,95
CONDUCTIVIDAD	5,20	5,59	5,10	3,40	2,75
Cl ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	625,01 17,63	685,00 19,32	665,55 18,77	414,92 11,70	292,73 8,26
SO ₄ ²⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	1175,05 24,47	1143,61 23,81	856,46 17,83	500,14 10,41	464,50 9,67
HCO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	853,76 13,99	950,38 15,58	749,32 12,28	723,22 11,85	784,22 12,85
CO ₃ ²⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	,00 ,00	,00 ,00	,00 ,00	,00 ,00	,00 ,00
NO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	126,40 2,04	115,70 1,87	26,86 ,43	29,29 ,47	15,61 ,25
NO ₂ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	,08 ,00	,00 ,00	,03 ,00	,15 ,00	,00 ,00
BORO (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	2,70 ,34	2,90 ,36	2,10 ,26	1,50 ,19	1,60 ,20
Na ⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	836,00 36,36	912,00 39,67	836,00 36,36	501,60 21,82	463,60 20,17
Mg ²⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	137,33 11,30	103,20 8,49	103,30 8,50	106,13 8,73	67,78 5,58
Ca ²⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	166,32 8,30	136,00 6,79	128,24 6,40	129,12 6,44	85,68 4,28
K ⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	26,40 ,68	26,40 ,68	26,40 ,68	13,20 ,34	13,20 ,34
T. AN. (meq·L ⁻¹)	58,47	60,94	49,58	34,63	31,23
T. CAT. (meq·L ⁻¹)	56,64	55,62	51,94	37,33	30,35
ERB %	-3,18	-9,12	4,64	7,49	-2,85
SAR	11,62	14,35	13,32	7,92	9,09

Resultado de los análisis

Pto. muestreo	6	7	8	9	10
pH	7,66	7,89	7,83	6,65	7,90
CONDUCTIVIDAD	4,10	7,21	3,21	3,71	3,09
Cl ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	495,94 13,99	1399,41 39,47	472,15 13,32	598,53 16,88	466,61 13,16
SO ₄ ²⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	785,19 16,35	885,80 18,44	466,60 9,72	254,90 5,31	502,23 10,46
HCO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	852,29 13,97	1131,92 18,55	773,24 12,67	779,82 12,78	820,32 13,44
CO ₃ ²⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	,00 ,00	,00 ,00	,00 ,00	,00 ,00	,00 ,00
NO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	43,86 ,71	41,29 ,67	3,35 ,05	,00 ,00	5,79 ,09
NO ₂ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	,08 ,00	,06 ,00	,00 ,00	,01 ,00	,01 ,00
BORO (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	1,00 ,13	1,20 ,15	2,20 ,28	2,90 ,36	2,10 ,26
Na ⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	760,00 33,06	1026,00 44,63	509,20 22,15	608,00 26,45	646,00 28,10
Mg ²⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	89,71 7,38	250,08 20,57	60,82 5,00	33,60 2,76	70,18 5,77
Ca ²⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	180,08 8,99	202,40 10,10	122,08 6,09	56,00 2,79	108,00 5,39
K ⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	19,80 ,51	33,00 ,84	13,20 ,34	19,80 ,51	13,20 ,34
T.AN. (meq·L ⁻¹)	45,14	77,28	36,03	35,33	37,42
T.CAT. (meq·L ⁻¹)	49,93	76,14	33,58	32,51	39,60
ERB %	10,08	-1,49	-7,05	-8,32	5,66
SAR	11,56	11,40	9,40	15,86	11,89

Resultado de los análisis

Pto. muestreo	11	12	13	15	16
pH	8,66	8,84	8,23	7,85	8,05
CONDUCTIVIDAD	3,45	4,25	3,30	2,90	6,80
Cl ⁻					
(mg · L ⁻¹)	328,52	390,43	570,34	416,56	1491,00
(meq · L ⁻¹)	9,27	11,01	16,09	11,75	42,06
SO ₄ ²⁻					
(mg · L ⁻¹)	542,06	630,09	435,16	340,84	785,19
(meq · L ⁻¹)	11,29	13,12	9,06	7,10	16,35
HCO ₃ ⁻					
(mg · L ⁻¹)	710,04	649,09	719,56	643,43	653,68
(meq · L ⁻¹)	11,64	10,64	11,79	10,55	10,71
CO ₃ ²⁻					
(mg · L ⁻¹)	83,04	123,12	,00	,00	,00
(meq · L ⁻¹)	2,77	4,10	,00	,00	,00
NO ₃ ⁻					
(mg · L ⁻¹)	14,80	12,09	7,21	5,85	26,79
(meq · L ⁻¹)	,24	,19	,12	,09	,43
NO ₂ ⁻					
(mg · L ⁻¹)	,00	,00	,00	,03	,00
(meq · L ⁻¹)	,00	,00	,00	,00	,00
BORO					
(mg · L ⁻¹)	2,20	2,40	1,80	1,70	2,30
(meq · L ⁻¹)	,28	,30	,23	,21	,29
Na ⁺					
(mg · L ⁻¹)	577,60	570,00	554,80	471,20	1003,20
(meq · L ⁻¹)	25,12	24,79	24,13	20,50	43,64
Mg ²⁺					
(mg · L ⁻¹)	73,30	113,09	97,49	60,82	207,36
(meq · L ⁻¹)	6,03	9,30	8,02	5,00	17,06
Ca ²⁺					
(mg · L ⁻¹)	114,32	143,60	157,52	102,08	248,80
(meq · L ⁻¹)	5,70	7,17	7,86	5,09	12,42
K ⁺					
(mg · L ⁻¹)	19,80	26,40	19,80	13,20	33,00
(meq · L ⁻¹)	,51	,68	,51	,34	,84
T.AN. (meq · L ⁻¹)	35,47	39,37	37,28	29,70	69,84
T.CAT. (meq · L ⁻¹)	37,37	41,94	40,52	30,93	73,95
ERB %	5,20	6,32	8,32	4,06	5,73
SAR	10,37	8,64	8,56	9,12	11,37

Resultado de los análisis

Pto. muestreo	17	18	19	20	21
pH	8,74	8,28	7,96	6,36	8,94
CONDUCTIVIDAD	5,20	4,79	4,65	13,00	2,05
Cl ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	842,77 23,77	930,81 26,25	1082,32 30,53	2414,00 68,09	146,05 4,12
SO ₄ ²⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	625,90 13,03	613,32 12,77	491,75 10,24	1650,84 34,37	221,37 4,61
HCO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	562,18 9,21	555,83 9,11	623,42 10,22	1421,79 23,30	857,54 14,05
CO ₃ ²⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	109,92 3,66	,00 ,00	,00 ,00	,00 ,00	153,60 5,12
NO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	34,11 ,55	29,09 ,47	21,44 ,35	132,20 2,13	9,78 ,16
NO ₂ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	,00 ,00	,00 ,00	,08 ,00	,02 ,00	,00 ,00
BORO (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	1,60 ,20	,90 ,11	1,20 ,15	1,60 ,20	3,20 ,40
Na ⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	676,40 29,42	699,02 30,41	798,00 34,71	1672,00 72,73	501,60 21,82
Mg ²⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	168,48 13,86	155,04 12,75	122,40 10,07	435,36 35,81	36,77 3,02
Ca ²⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	187,20 9,34	180,08 8,99	160,16 7,99	632,00 31,54	49,28 2,46
K ⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	19,80 ,51	13,20 ,34	19,80 ,51	13,20 ,34	33,00 ,84
T. AN. (meq·L ⁻¹)	50,43	48,72	51,48	128,10	28,46
T. CAT. (meq·L ⁻¹)	53,13	52,48	53,28	140,42	28,15
ERB %	5,21	7,45	3,43	9,18	-1,11
SAR	8,64	9,22	11,55	12,53	13,18

Estudio hidroquímico de las aguas subterráneas del campo de Nijar. 1990.

Resultado de los análisis

Pto. muestreo	22	23	24	25	26
pH	8,15	8,23	7,70	8,34	7,84
CONDUCTIVIDAD	1,91	2,55	3,05	3,70	12,50
Cl ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	150,88 4,26	389,58 10,99	340,37 9,60	364,87 10,29	1562,00 44,06
SO ₄ ²⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	204,60 4,26	357,61 7,45	257,00 5,35	1055,58 21,98	1724,00 35,90
HCO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	870,78 14,27	636,60 10,43	896,46 14,69	762,01 12,49	680,03 11,15
CO ₃ ²⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	,00 ,00	,00 ,00	,00 ,00	,00 ,00	,00 ,00
NO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	6,67 ,11	,00 ,00	9,11 ,15	,23 ,00	85,00 1,37
NO ₂ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	,08 ,00	,00 ,00	,01 ,00	,16 ,00	,03 ,00
BORO (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	2,00 ,25	2,10 ,26	1,60 ,20	4,00 ,50	2,00 ,25
Na ⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	418,00 18,18	326,80 14,21	402,80 17,52	744,80 32,40	1292,00 56,20
Mg ²⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	48,00 3,95	102,34 8,42	93,55 7,70	54,86 4,51	172,08 14,16
Ca ²⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	56,00 2,79	112,32 5,60	126,08 6,29	230,96 11,52	256,80 12,81
K ⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	13,20 ,34	19,80 ,51	19,80 ,51	26,40 ,68	29,00 ,74
T. AN. (meq·L ⁻¹)	23,15	29,13	29,99	45,27	92,72
T. CAT. (meq·L ⁻¹)	25,26	28,75	32,01	49,11	83,91
ERB %	8,74	-1,33	6,53	8,15	-9,98
SAR	9,90	5,37	6,63	11,44	15,30

Resultado de los análisis

Pto. muestreo		27	28	29	31	32
pH		7,65	7,07	8,97	7,77	6,94
CONDUCTIVIDAD		2,21	5,08	2,91	3,79	1,85
Cl ⁻	(mg·L ⁻¹)	359,05	1278,00	313,04	419,61	244,95
	(meq·L ⁻¹)	10,13	36,05	8,83	11,84	6,91
SO ₄ ²⁻	(mg·L ⁻¹)	414,20	229,75	590,26	745,37	194,12
	(meq·L ⁻¹)	8,62	4,78	12,29	15,52	4,04
HCO ₃ ⁻	(mg·L ⁻¹)	686,86	501,42	472,38	571,94	544,61
	(meq·L ⁻¹)	11,26	8,22	7,74	9,37	8,93
CO ₃ ²⁻	(mg·L ⁻¹)	,00	,00	105,20	,00	,00
	(meq·L ⁻¹)	,00	,00	3,51	,00	,00
NO ₃ ⁻	(mg·L ⁻¹)	5,24	2,26	3,89	12,15	3,41
	(meq·L ⁻¹)	,08	,04	,06	,20	,05
NO ₂ ⁻	(mg·L ⁻¹)	,08	,04	,00	,00	,06
	(meq·L ⁻¹)	,00	,00	,00	,00	,00
BORO	(mg·L ⁻¹)	1,20	6,80	,90	,90	,80
	(meq·L ⁻¹)	,15	,85	,11	,11	,10
Na ⁺	(mg·L ⁻¹)	494,00	934,80	516,80	532,00	380,00
	(meq·L ⁻¹)	21,49	40,66	22,48	23,14	16,53
Mg ²⁺	(mg·L ⁻¹)	62,40	32,16	74,40	100,80	36,48
	(meq·L ⁻¹)	5,13	2,65	6,12	8,29	3,00
Ca ²⁺	(mg·L ⁻¹)	120,00	91,20	104,00	144,00	43,20
	(meq·L ⁻¹)	5,99	4,55	5,19	7,19	2,16
K ⁺	(mg·L ⁻¹)	19,80	33,00	13,20	13,20	13,20
	(meq·L ⁻¹)	,51	,84	,34	,34	,34
T.AN. (meq·L ⁻¹)		30,25	49,94	32,54	37,04	20,03
T.CAT. (meq·L ⁻¹)		33,12	48,70	34,13	38,96	22,02
ERB %		9,06	-2,50	4,75	5,05	9,46
SAR		9,11	21,44	9,45	8,32	10,29

Estudio hidroquímico de las aguas subterráneas del campo de Nijar. 1990.

Resultado de los análisis

Pto. muestreo	33	34	35	36	37
pH	8,45	7,31	7,99	7,77	8,18
CONDUCTIVIDAD	3,39	4,01	2,48	2,22	2,01
Cl ⁻ (mg·L ⁻¹)	353,15	532,43	254,11	194,75	192,06
(meq·L ⁻¹)	9,96	15,02	7,17	5,49	5,42
SO ₄ ²⁻ (mg·L ⁻¹)	820,82	462,41	762,14	581,88	252,81
(meq·L ⁻¹)	17,09	9,63	15,87	12,12	5,26
HCO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹)	565,10	824,72	623,18	683,69	657,86
(meq·L ⁻¹)	9,26	13,52	10,21	11,21	10,78
CO ₃ ²⁻ (mg·L ⁻¹)	75,84	,00	,00	,00	,00
(meq·L ⁻¹)	2,53	,00	,00	,00	,00
NO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹)	3,55	2,87	2,06	3,08	8,70
(meq·L ⁻¹)	,06	,05	,03	,05	,14
NO ₂ ⁻ (mg·L ⁻¹)	,00	,00	,00	,11	,04
(meq·L ⁻¹)	,00	,00	,00	,00	,00
BORO (mg·L ⁻¹)	1,30	,80	,80	1,00	1,30
(meq·L ⁻¹)	,16	,10	,10	,13	,16
Na ⁺ (mg·L ⁻¹)	463,60	638,40	372,40	418,00	212,80
(meq·L ⁻¹)	20,17	27,77	16,20	18,18	9,26
Mg ²⁺ (mg·L ⁻¹)	107,14	59,04	71,47	55,87	90,29
(meq·L ⁻¹)	8,81	4,86	5,88	4,60	7,43
Ca ²⁺ (mg·L ⁻¹)	188,96	98,40	174,48	105,68	92,16
(meq·L ⁻¹)	9,43	4,91	8,71	5,27	4,60
K ⁺ (mg·L ⁻¹)	13,20	19,80	6,60	,00	6,60
(meq·L ⁻¹)	,34	,51	,17	,00	,17
T.AN. (meq·L ⁻¹)	39,06	38,31	33,38	28,99	21,77
T.CAT. (meq·L ⁻¹)	38,75	38,04	30,95	28,05	21,45
ERB %	-,81	-,70	-,75	-,29	-,46
SAR	6,68	12,57	6,00	8,18	3,77

Resultado de los análisis

Pto. muestreo	38	39	41	42	43
pH	8,63	8,94	7,58	7,67	8,74
CONDUCTIVIDAD	1,80	1,68	2,70	2,50	2,52
Cl ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	179,20 5,05	161,74 4,56	271,79 7,67	268,38 7,57	177,15 5,00
SO ₄ ²⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	212,98 4,43	129,14 2,69	150,10 3,13	280,06 5,83	196,22 4,09
HCO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	565,88 9,27	610,73 10,01	1028,22 16,85	1240,50 20,33	842,29 13,80
CO ₃ ²⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	82,80 2,76	93,36 3,11	,00 ,00	,00 ,00	92,40 3,08
NO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	9,51 ,15	9,38 ,15	2,60 ,04	3,01 ,05	2,13 ,03
NO ₂ ⁻ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	,00 ,00	,00 ,00	,00 ,00	,03 ,00	,00 ,00
BORO (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	,90 ,11	,50 ,06	2,40 ,30	,90 ,11	1,80 ,23
Na ⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	205,20 8,93	220,40 9,59	463,60 20,17	486,40 21,16	478,80 20,83
Mg ²⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	81,17 6,68	70,80 5,82	48,29 3,97	86,06 7,08	29,90 2,46
Ca ²⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	102,80 5,13	86,08 4,30	60,80 3,03	85,44 4,26	44,08 2,20
K ⁺ (mg·L ⁻¹) (meq·L ⁻¹)	6,60 ,17	6,60 ,17	19,80 ,51	19,80 ,51	19,80 ,51
T.AN. (meq·L ⁻¹)	21,79	20,59	27,99	33,89	26,23
T.CAT. (meq·L ⁻¹)	20,90	19,88	27,68	33,01	25,99
ERB %	-4,16	-3,51	-1,10	-2,65	- ,90
SAR	3,67	4,26	10,77	8,88	13,65

Estudio hidroquímico de las aguas subterráneas del campo de Nijar. 1990.

Resultado de los análisis

Pto. muestreo	44	46	47	48	49
pH	7,86	8,51	8,57	7,97	6,31
CONDUCTIVIDAD	4,15	2,78	3,70	5,60	2,78
Cl ⁻ (mg·L ⁻¹)	887,50	290,46	444,96	1216,23	286,56
(meq·L ⁻¹)	25,03	8,19	12,55	34,31	8,08
SO ₄ ²⁻ (mg·L ⁻¹)	338,74	596,55	900,47	590,26	539,96
(meq·L ⁻¹)	7,05	12,42	18,75	12,29	11,24
HCO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹)	557,30	532,16	496,04	641,72	591,94
(meq·L ⁻¹)	9,13	8,72	8,13	10,52	9,70
CO ₃ ²⁻ (mg·L ⁻¹)	,00	63,84	53,04	,00	,00
(meq·L ⁻¹)	,00	2,13	1,77	,00	,00
NO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹)	,50	6,53	10,19	23,40	3,41
(meq·L ⁻¹)	,01	,11	,16	,38	,05
NO ₂ ⁻ (mg·L ⁻¹)	,18	,00	,00	,00	,00
(meq·L ⁻¹)	,00	,00	,00	,00	,00
BORO (mg·L ⁻¹)	4,40	1,20	1,20	1,30	1,30
(meq·L ⁻¹)	,55	,15	,15	,16	,16
Na ⁺ (mg·L ⁻¹)	744,80	562,40	638,40	798,00	448,40
(meq·L ⁻¹)	32,40	24,46	27,77	34,71	19,50
Mg ²⁺ (mg·L ⁻¹)	57,70	33,89	93,60	170,64	68,54
(meq·L ⁻¹)	4,75	2,79	7,70	14,04	5,64
Ca ²⁺ (mg·L ⁻¹)	90,16	108,00	159,20	212,80	114,40
(meq·L ⁻¹)	4,50	5,39	7,94	10,62	5,71
K ⁺ (mg·L ⁻¹)	33,00	13,20	,00	26,40	13,20
(meq·L ⁻¹)	,84	,34	,00	,68	,34
T.AN. (meq·L ⁻¹)	41,78	31,72	41,51	57,65	29,24
T.CAT. (meq·L ⁻¹)	42,49	32,98	43,41	60,04	31,19
ERB %	1,67	3,89	4,48	4,06	6,43
SAR	15,07	12,10	9,93	9,89	8,19

Resultado de los análisis

Pto. muestreo		50	52	53	54
pH		9,05	8,05	7,33	8,41
CONDUCTIVIDAD		1,70	2,41	4,05	2,98
Cl ⁻	(mg·L ⁻¹)	148,82	309,56	681,60	314,32
	(meq·L ⁻¹)	4,20	8,73	19,23	8,87
SO ₄ ²⁻	(mg·L ⁻¹)	129,14	498,04	374,38	707,64
	(meq·L ⁻¹)	2,69	10,37	7,79	14,73
HCO ₃ ⁻	(mg·L ⁻¹)	810,32	550,51	798,37	598,53
	(meq·L ⁻¹)	13,28	9,02	13,08	9,81
CO ₃ ²⁻	(mg·L ⁻¹)	119,04	,00	,00	52,56
	(meq·L ⁻¹)	3,97	,00	,00	1,75
NO ₃ ⁻	(mg·L ⁻¹)	5,45	,84	,00	9,17
	(meq·L ⁻¹)	,09	,01	,00	,15
NO ₂ ⁻	(mg·L ⁻¹)	,00	,03	,00	,03
	(meq·L ⁻¹)	,00	,00	,00	,00
BORO	(mg·L ⁻¹)	1,00	,40	,80	,80
	(meq·L ⁻¹)	,13	,05	,10	,10
Na ⁺	(mg·L ⁻¹)	387,60	418,00	577,60	532,00
	(meq·L ⁻¹)	16,86	18,18	25,12	23,14
Mg ²⁺	(mg·L ⁻¹)	62,69	71,42	106,85	100,85
	(meq·L ⁻¹)	5,16	5,88	8,79	8,30
Ca ²⁺	(mg·L ⁻¹)	53,84	134,48	97,04	112,48
	(meq·L ⁻¹)	2,69	6,71	4,84	5,61
K ⁺	(mg·L ⁻¹)	13,20	6,60	19,80	13,20
	(meq·L ⁻¹)	,34	,17	,51	,34
T. AN. (meq·L ⁻¹)		24,35	28,19	40,21	35,41
T. CAT. (meq·L ⁻¹)		25,04	30,94	39,26	37,39
ERB %		2,81	9,30	-2,37	5,43
SAR		8,51	7,25	9,62	8,77

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- I.T.G.E. (1972). Estudio Hidrogeológico y Ordenación del Campo de Níjar. Servicio de Documentación ITGE.
- 2.- I.T.G.E. (1977). Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería).PIAS-10 Tomos. Servicio de Documentación ITGE.
- 3.- I.T.G.E. (varios años). Plan de Control y Vigilancia de Acuíferos (PCVA). Cuenca Sur (Almería).Servicio de Documentación ITGE.
- 4.- I.T.G.E. (1982). Sistema Acuífero del Campo de Níjar. Control mensual de explotaciones. Servicio de Documentación ITGE.
- 5.- I.T.G.E./Diputación de Almería (1982). Informe de la primera etapa del estudio sobre la Cuenca Níjar-Carboneras para el abastecimiento de sus núcleos urbanos deficitarios. Servicio de Documentación ITGE.
- 6.- I.T.G.E. (1972). calidad química de las aguas subterráneas en Andalucía. Situación actual y focos potenciales de contaminación. Col. Informe. Centro de publicaciones.Ministerio de Industria y Energía.
- 7.- I.T.G.E. (1982): Estudio Hidrogeotérmico de la Comarca de Campo de Níjar. 12 Tomos. Servicio de Documentación ITGE:
- 8.- I.T.G.E. (1986): Sistema Acuífero del Campo de Níjar. Campaña piezométrica de Abril de 1986. Servicio de Documentación ITGE.
- 9.- I.T.G.E. (1989): Actuación de datos Hidrogeológicos del Sistema Acuífero Níjar-Carboneras (Almería). Servicio Documentación ITGE.