

EL SISTEMA ACUÍFERO LLANOS DE VILLAMARTÍN-LOMA DEL ROSALEJO (CÁDIZ): RECURSOS Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA.

Carreras Costa, Alejandro⁽¹⁾ y García Guerrero, Antonio Jesús⁽²⁾

(1) Euroestudios. Castelló 128.28006-Madrid. <mailto:alejandro.carreras@euroestudios.es>

(2) Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, Delegación Provincial de Cádiz. Junta de Andalucía. Edificio Junta de Andalucía. Plaza Asdrúbal s/n 11071 Cádiz. <mailto:antonioj.garcia@juntadeandalucia.es>

PALABRAS CLAVE: recursos, balance, geoquímica, calidad.

RESUMEN.-El sistema acuífero de Los Llanos de Villamartín-Loma del Rosalejo está formado por interconexión de dos acuíferos principales: Los Llanos formado principalmente por materiales detríticos: gravas, arenas y arcillas y Loma del Rosalejo formado por dolomías y calizas jurásicas.

El balance del sistema es complejo ya que las precipitaciones tienen lugar en el periodo Septiembre Febrero mientras que los bombeos tienen lugar principalmente entre Marzo y Agosto. El volumen de reservas de los Llanos, relativamente pequeño, da lugar a un vaciado parcial del acuífero que se repone con las precipitaciones.

La composición química del agua varía según la época del año. En Los Llanos, con aguas altas, éstas son en general bicarbonatadas cálcicas mientras que en estiaje aumentan los cloruros y sulfatos por infiltración de aguas salobres del arroyo del Judío y manantial salino del Cortijo de la Ahumada. También se acusa un aumento considerable de los nitratos en épocas de lluvias y periodos de riego debido al arrastre por infiltración del agua en superficie del abono nitrogenado de los cultivos. La Loma del Rosalejo presenta aguas bicarbonatadas cálcicas durante todo el año.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se analizan las características hidrogeológicas del sistema acuífero de Los Llanos de Villamartín-Loma del Rosalejo situado en la provincia de Cádiz, a partir de los trabajos realizados para el conocimiento del acuífero, entre 1990 y 1994, para la Diputación de Cádiz y Ayuntamiento de Villamartín.

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

La zona de estudio se sitúa en el extremo occidental de la Zona Externa de las Cordilleras Béticas, en la zona denominada Subbética. Esta zona se caracteriza por la presencia de un sustrato arcilloso-yesífero, de facies Keuper, de edad triásica, sobre el que se encuentran materiales dolomítico-calcáreos jurásicos y margosos cretácicos.

En discordancia erosiva se encuentran depósitos calcáreo-detríticos de edad miocena superior plegados en cubeta sinclinal disimétrica subsidente que ha sido rellenada por depósitos plio-cuaternarios. Estos últimos dan lugar al acuífero de Los Llanos mientras que las dolomías y calizas jurásicas constituyen el acuífero de la Loma del Rosalejo.

Las arcillas yesíferas triásicas forman el sustrato de la mayor parte de la cubeta miocena. Presentan en general un comportamiento acuífugo excepto algunos lentejones de sales haloideas muy solubles que originan pequeños manantiales salinos. Los materiales jurásicos, muy permeables por karstificación y fisuración, se encuentran despegados del zócalo triásico y afloran siguiendo el flanco, vertical o invertido, de un pliegue monoclinal que bordea la depresión de Los Llanos en su límite oriental.

El Mioceno está compuesto por una potente base de arcillas gris-oscuras, discordantes sobre el zócalo mesozoico, a las que siguen dos tramos de calcarenitas separadas por arcillas grises que alcanzan espesores entre 100 a 200 m. El primer tramo calcarenítico aflora solo en el borde occidental de la cubeta con potencias entre 10 y 20 m. El segundo tramo presenta potencias parecidas en el borde occidental mientras que en el borde oriental aumentan hasta 30 a 40 m, Los tramos arcillosos son impermeables mientras que los calcareníticos son moderadamente permeables por porosidad.

Los materiales plio-cuaternarios, de carácter fluvio-torrencial, rellenan la depresión que forma el sinclinal mioceno. A partir de los datos de los pozos existentes en la cubeta es posible diferenciar dos formaciones, una inferior compuesta por arcillas rojas con lentejones ocasionales de arenas arcillosas y gravas, con un comportamiento de acuicludio, con espesores que alcanzan hasta los 60 m, sobre la que reposan gravas, con lentejones de arcillas arenosas o rojizas, muy permeables

En la zona superior occidental de Los Llanos se encuentran extensas terrazas aluviales de los ríos Serrecín y Guadalete compuestas por gravas rodadas, muy permeables, con lentejones de arenas con espesores de hasta 15 m.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS

Loma del Rosalejo

Este acuífero está formado por dolomías y calizas dispuestas según una franja alargada, de dirección N-S, que limita el borde oriental de la depresión de Los Llanos.

Su geometría en profundidad no se conoce. En superficie, las capas afloran en posición vertical o invertida, desde el arroyo Alberite hasta la carretera de Arcos a El Bosque, según una franja de unos 12 km de longitud y 600 m de anchura, lo que supone una superficie de recarga entorno a los 7,5 km².

A lo largo del afloramiento dolomítico se han perforado unos 18 pozos cuyas aguas se destinan en su mayor parte al riego de pequeñas parcelas y uno de ellos (pozo del Buho) se utiliza para el abastecimiento a Villamartín.

Estos pozos, con profundidades entre 100 y 150 m, presentan caudales entre 30 l/s y 50 l/s con depresiones de hasta 25 m y transmisividades alrededor de los 600-700 m²/día. La cota del nivel piezométrico se sitúa en aguas altas entre 150 m s.n.m. (Pozo del Búho, Febrero 1994, Cortijo de Lugo y Rancho de la Mojona, Febrero 1990) y 140 m s.n.m. (Cortijo del Rosalejo, Febrero de 2000) descendiendo en estiaje a cotas de 128 m s.n.m. (Cortijo del Rosalejo, Noviembre de 2000).

Este acuífero no presenta ningún punto de descarga, alimentando lateralmente a Los Llanos.

Llanos de Villamartín

En los Llanos de Villamartín cabe diferenciar tres formaciones acuíferas: terrazas aluviales, calcarenitas miocenas y depósitos fluvio-torrenciales plio-cuaternarios.

Terrazas aluviales

Las terrazas aluviales están desconectadas del acuífero de Los Llanos. Su espesor puede llegar hasta los 15 metros pero, al estar colgadas sobre los cauces fluviales, están drenadas por éstos, presentando un espesor saturado de pocos metros por lo que su interés es local.

La terraza de mayor superficie es la del río Guadalete que ocupa una superficie de 4 km² y descarga por el manantial del Chaparral y de forma difusa al arroyo de Serrecín, a lo largo del contacto con las arcillas miocenas subyacentes impermeables. Los recursos de este acuífero se estiman en 1,8 hm³ anuales, con unas reservas almacenadas de 0,3 hm³. Su regulación no es factible ya que ocupa una gran extensión y su espesor saturado es pequeño.

Calcarenitas miocenas

En el borde occidental, el Mioceno superior presenta dos tramos de calcarenitas permeables separados por arcillas grises que los confinan y aíslan de los depósitos fluvio-torrenciales plio-cuaternarios. Los recursos de estos acuíferos son pequeños y en general se explotan en su parte libre mediante pozos a cielo abierto con caudales inferiores al l/s y algún sondeo profundo con agua surgente, de algunos litros/minuto.

En el borde oriental, la formación calcarenítica superior aumenta de espesor y se areniza, constituyendo un buen acuífero. Éste está conectado con los depósitos plio-cuaternarios de la depresión y con el conjunto dolomítico-calcáreo de La Loma del Rosalejo, facilitando la descarga lateral de este último hacia los materiales plio-cuaternarios.

Depósitos fluvio-torrenciales plio-cuaternarios

Esta formación constituye la parte principal del acuífero de Los Llanos. Están formados por gravas semirrodadas con lentejones arenosos y arcillosos que forman parte de antiguos conos de deyección organizados a la salida de los arroyos que vierten a la depresión. Su potencia varía entre un máximo de unos 40 m en la zona occidental hasta unos 15 m en el borde oriental. En el borde oriental estos materiales se apoyan sobre arcillas rojas poco permeables, mientras que en la zona central y borde oriental se sitúan sobre calcarenitas miocenas del tramo superior constituyendo en conjunto un acuífero libre.

En este acuífero, con una superficie de recarga de 13,5 km², se encuentran alrededor de unos 60 pozos. La mayoría presentan profundidades entre 15 y 30 m en la zona central y oriental de Los Llanos hasta la base de los depósitos fluvio-torrenciales y algunos, más profundos, alcanzan las calcarenitas del tramo inferior.

Los Llanos descargan a través de tres puntos: Fuente del Higuierón, Arroyo Sapillo y La Albina, situados aproximadamente a la cota 140 m.

En aguas bajas, el acuífero está sometido a una intensa explotación, descendiendo los niveles entre 10 y 15 m, secándose en gran parte los manantiales de descarga.

En aguas altas, el nivel piezométrico asciende hasta la cota 150-160 m, muy próxima a la parte superior de los Llanos, descargando el acuífero a través de zanjas de drenaje excavadas para evitar que se inunden los campos.

BALANCE DEL SISTEMA ACUÍFERO

La superficie de recarga totaliza de 21 km², de los cuales 7,5 km² corresponden a la Loma del Rosalejo y 13,5 km² a la superficie de Los Llanos. Además se producen entradas de aguas superficiales de los arroyos que cruzan el acuífero.

Se ha estimado una lluvia media de 850 mm/año, de los cuales la lluvia útil o infiltración serían de unos 450 mm/año. Se supone que toda la lluvia cae entre los meses de septiembre a febrero.

La explotación del agua subterránea tiene lugar durante unos 6 meses al año, entre marzo y agosto con un bombeo medio diario de 9 horas. En los Llanos hay en explotación del orden de los 50 pozos, con un caudal conjunto de unos 750 l/s y en la Loma del Rosalejo unos 15 pozos con un caudal conjunto de unos 450 l/s por lo que el caudal total de explotación para riego es de unos 1.200 l/s lo que supone un volumen de extracciones durante los 6 meses de riego de 4,4 hm³ y 2,6 hm³ respectivamente a los que hay que añadir el volumen para abastecimiento a Villamartín que es de 1 hm³/año.

En Los Llanos de los 4,4 hm³ empleados para riego se estima que un 35% se infiltra por lo que los retornos son del orden de 1,5 hm³.

La recarga potencial es de 9,4 hm³/año de los cuales solo se infiltra el volumen necesario para rellenar el vaciado del acuífero producido por el bombeo que es de unos 4 hm³ para un descenso piezométrico de 15 m, si se estima un coeficiente de almacenamiento de $1,3 \times 10^{-2}$. La recarga sobrante pasa a escorrentía superficial.

La recarga anual por infiltración de arroyos se ha calculado por tanteo, teniendo en cuenta la evolución de la mineralización del agua del acuífero en Los Llanos y se estima en unos 2 hm³ y la descarga anual a través de manantiales y escorrentía superficial se ha calculado por diferencia entre los demás componentes del balance, resultando 6,9 hm³.

El sistema acuífero en estiaje pierde 4 hm³ de reservas que se reponen en los meses lluviosos. La descarga a través de manantiales y escorrentía de los arroyos, al no infiltrarse el agua por estar saturado el acuífero, es de 6,9 hm³ que serían los recursos disponibles en el sistema acuífero.

Regular esta agua, en Los Llanos, sólo sería posible si se bombeasen los pozos en los periodos lluviosos, precisamente cuando no existe demanda de agua para riego. En la Loma del Rosalejo, al existir mayor espesor de acuífero saturado, más de 100, si es posible bombear un mayor volumen de reservas.

RECARGA (hm ³)	PERIODO MARZO-AGOSTO		PERIODO SEPTIEMBRE-FEBRERO		AÑO
	LOS LLANOS	LOMA DEL ROSALEJO	LOS LLANOS	LOMA DEL ROSALEJO	
PRECIPITACIONES	0	0	6	3,4	9,4
INFILTRACIÓN ARROYOS	1,8	0,2	1,8	0,2	4
RETORNO RIEGOS	1,5	0	0	0	1,5
TOTAL	3,3	0,2	7,8	3,6	14,9
DESCARGA (hm ³)					
BOMBEO RIEGO	4,4	2,6			7
BOMBEO ABASTECIMIENTO		0,5		0,5	1
DISMINUCIÓN DE RESERVAS	4		-4		0
DESCARGA MANANTIALES Y ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	0		6,9		6,9
TOTAL	11,5		3,4		14,9

GEOQUÍMICA

El acuífero de Los Llanos de Villamartín presenta una gran extensión superficial y pequeño espesor con unos recursos renovables relativamente pequeños por lo que es muy sensible a los cambios de salinidad, en estiaje, por recarga de aguas superficiales con mayor contenido salino o dilución en los periodos lluviosos por infiltración de aguas de lluvia y arroyos con menor contenido salino

De modo esquemático, las aguas del acuífero pueden dividirse en los siguientes grupos:

Aguas superficiales que se infiltran, a su paso por el acuífero, en parte o completamente, dependiendo del caudal y de la profundidad del nivel piezométrico. Aguas subterráneas, muestreables a través de pozos, y aguas de descarga, muestreables en manantiales.

Las aguas superficiales están directamente influenciadas por los materiales del sustrato por el que discurren. Las procedentes de las margo-calizas cretácicas, presentan facies bicarbonatada cálcica, mientras que las que proceden de los materiales triásicos presentan dos tipos de facies: sulfatada, debido a la presencia de masas de yeso englobadas en las arcillas y clorurada, cuando proceden de zonas con masas de sales haloideas.

Con un espesor medio de unos 30 m, el agua almacenada en el acuífero sería de unos 12 hm³. Este volumen se renueva anualmente unos 8 hm³, de los que 4,5 hm³ proceden de las precipitaciones, 2 hm³ de la infiltración de arroyos que cruzan los Llanos y otros 1,5 hm³ de retorno de riegos. Las sales aportadas por aguas superficiales proceden principalmente de los arroyos de La Renegada, Judío y Cortijo de la Ahumada. La cantidad media anual de cloruros y sulfatos que entrarían en el acuífero sería esquemáticamente de:

ARROYO	AGUA INFILTRADA (hm ³)	SALINIDAD (g/l)		Total sales (tm)	
		SULFATOS	CLORUROS	SULFATOS	CLORUROS
RENEGADA	0,75	0,2	0,2	150	150
JUDÍO	0,75	0,9	0,3	675	225
OTROS	0,56	0,2	0,1	112	56
CORTIJO DE LA AHUMADA	0,04	5,4	27	216	1.080
TOTAL	2,00	0,58	0,75	1.153	1.511

Así la cantidad de sulfatos y cloruros infiltrados estaría alrededor de las 1.150 tm y 1.500 tm anuales respectivamente aportados por una agua mezcla de 576 mg/l de sulfatos y 755 mg/l de cloruros. De éstos, casi el 60% de los sulfatos los aporta el arroyo del Judío y el 70 % de cloruros, el arroyo del Cortijo de la Ahumada que está alimentado por el manantial salino.

Estas sales se diluyen en el acuífero con 12 hm³ de agua al final del ciclo. Si consideramos que presentan un contenido medio de 200 mg/l de sulfatos y cloruros, la salinidad resultante después de la mezcla sería de 254 y 280 mg/l respectivamente que pasan a 197 y 240 mg/l en aguas altas al diluirse con 4 hm³ de aguas de baja salinidad. Así se observa que en la actualidad existe un cierto equilibrio en la composición del agua a lo largo del ciclo hidrológico, quizás tendiendo a una salinización progresiva. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en realidad la mezcla no es homogénea y existirá una mayor concentración en los puntos de recarga, ya que el flujo está afectado por las depresiones formadas por los conos de bombeo y por las heterogeneidades del propio acuífero.

Se han dibujado mapas de contenido en sulfatos y cloruros. En ellos se observa claramente la influencia del arroyo del Judío para los sulfatos y del arroyo del Cortijo de la Ahumada y de Alberite para los cloruros.

CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua es variable y presenta una evolución cíclica por infiltración de aguas salinas y dilución por aguas de lluvia. El contenido en nitratos también aumenta en periodos lluviosos por arrastre de los fertilizantes nitrogenados

Esta evolución de la calidad se refleja en los datos históricos del abastecimiento de Villamartín.

El aumento del número de pozos para regadío provocó el descenso del nivel piezométrico en los periodos de estiaje dejando en seco a los pozos de menos de 15 m de profundidad y entre ellos los de abastecimiento de Las Colmenillas, con lo cual, los 40 l/s del pozo de La Mata eran insuficientes para satisfacer la demanda. En el año 1988 se procedió a perforar un nuevo pozo en las inmediaciones de Las Colmenillas, también a percusión y 105 m de profundidad (Colmenillas II).

Este pozo se instaló en Agosto de 1988, con una bomba capaz de extraer unos 60 l/s. Puesto en servicio, el agua fue salinizándose llegando el contenido en cloruros a los pocos días hasta 1.200 mg/l. Ante la salinización del agua se decidió parar el bombeo en espera de establecer las causas.

En Febrero de 1990 se puso de nuevo en servicio el pozo controlando la variación de la salinidad.

Los resultados reflejan muy bien la variación cíclica de los sulfatos y cloruros con las precipitaciones y la variación de los nitratos dependiendo de los periodos de riego y lluvias.

3-POZO COLMENILLAS II	CONDUCT. (µS/cm)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁼ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)
7-02-90 (12:20)	1.283	197	248	37	61
7-02-90 (18:00)	1.252	192	200	42	52
8-02-90 (09:00)	1.248	191	192	42	29
8-02-90 (10:00)	1.255	191	201	31	29
21-03-90	1.295	150	277	38	68
23-04-90	1.269	163	200	60	40
23-05-90	1.281	174	189	54	57
26-06-90	2.051	405	352	28	84
07-08-90	2.113	454	335	37	105
22-08-90	2.208	474	337	40	103
06-09-90	2.225	472	385	28	104
26-09-90	2.347	493	347	31	50
15-10-90	2.232	466	336	38	55
21-11-90	2.117	476	373	35	87
18-12-90	2.181	454	346	56	63
16-01-91	2.113	464	362	33	93
30-04-91	1.078	140	218	62	37
15-05-91	1.373	362	331	52	64
20-06-91	1.984	435	349	30	92
31-03-92	1.182	177	190	58	61

Esta variación del contenido en sales se observa en menor grado en el acuífero de la Loma del Rosalejo, probablemente por desconexión de éste en los periodos de estiaje de Los Llanos, cuando es mayor el aporte e aguas salinas. Así en el pozo del Cortijo del Rosalejo, situado en la zona de conexión de los dos acuíferos, los cloruros pasan de 76 en aguas altas a 163 mg/l en estiaje y los sulfatos de 36 a 79 mg/l.

BIBLIOGRAFÍA

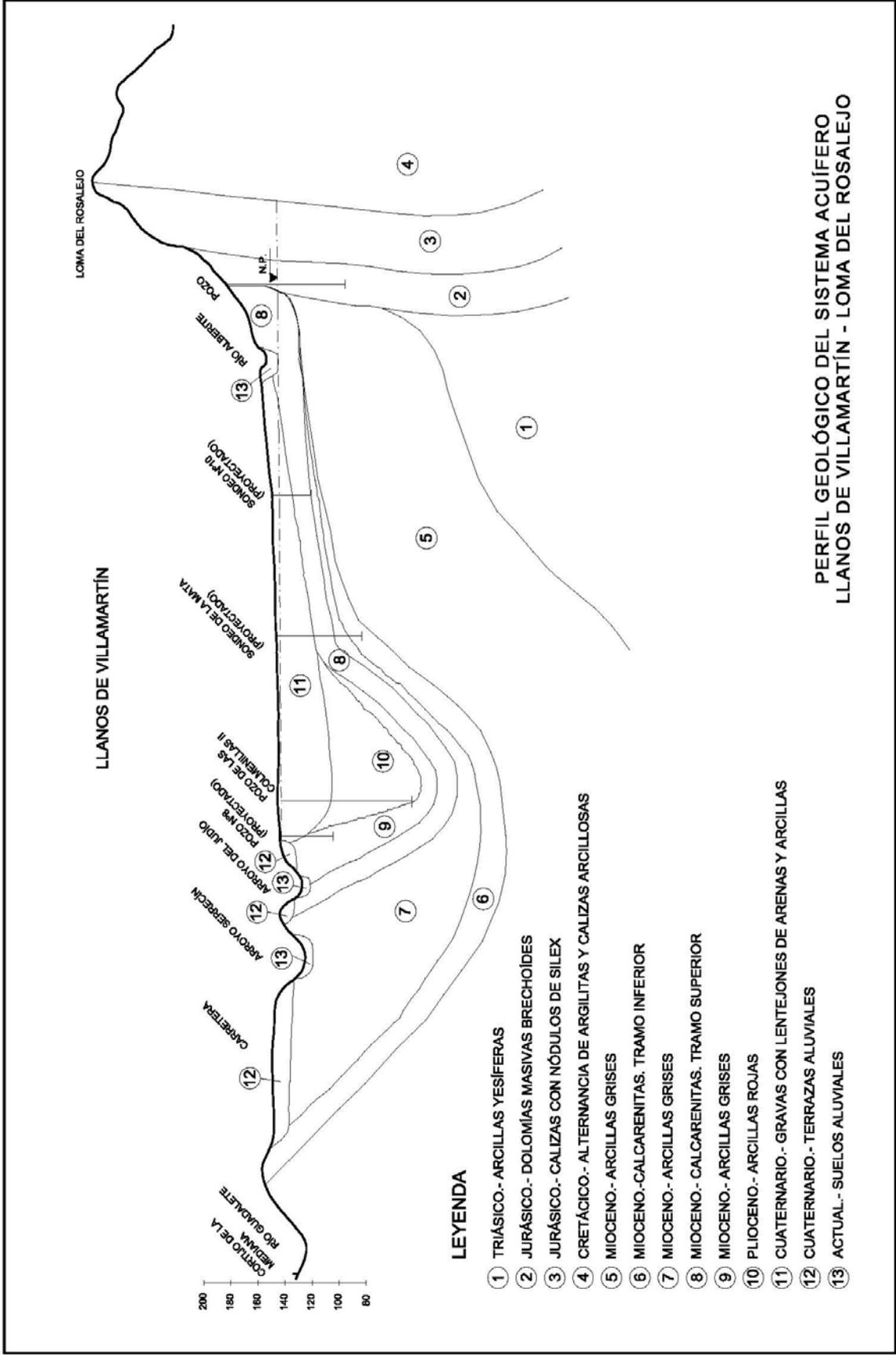
- IGME. 1981. Estudio hidrogeológico de los Llanos de Villamartín. Madrid
 Diputación de Cádiz. 1985. Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Cádiz. Cádiz
 Euroestudios. 1990. Estudio hidrogeológico de los recursos en aguas subterráneas en los alrededores de Villamartín. Diputación de Cádiz. Cádiz
 Junta de Andalucía-IGME. 1998. Atlas Hidrogeológico de Andalucía. Madrid
 Euroestudios. 2000. Informe técnico construcción de un pozo en la finca del Rosalejo (Villamartín, Cádiz). Inversiones Onix. S.A. Madrid.

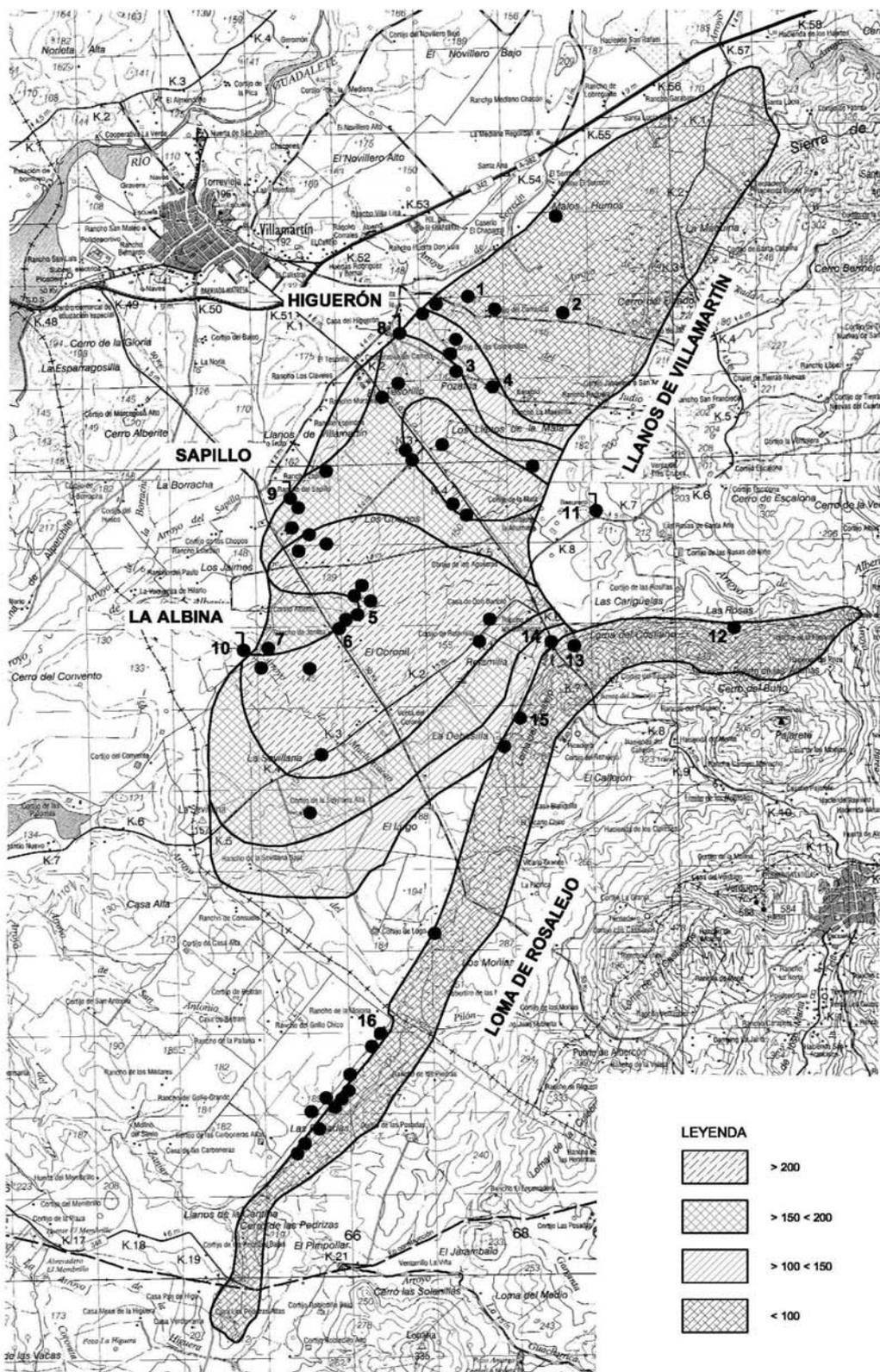
APÉNDICE. ANÁLISIS QUÍMICOS DE LOS PRINCIPALES PUNTOS DE AGUA

ACUÍFERO DE LOS LLANOS DE VILLAMARTÍN (POZOS)	CONDUCT. (μS/cm)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁼ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)
1-POZO OROZCO VERDUGO (05-04-90)	942	64	153	38	36
2-POZO SORIA JIMÉNEZ (05-04-90)	1.109	63	326	35	53
3-POZO COLMENILLAS I (28-10-82)	907	78	278	35	83
4-POZO LA MATA (07-02-90)	1.202	132	255	33	42
5-POZO J. A. JAIME (05-04-90)	2.071	451	208	50	26
6-POZO A. JAIME (05-04-90)	943	190	29	52	19
7-POZO SURGENTE DE LA ALBINA (20-02-90)	774	64	40	35	32
8-FTE. EL HIGUERÓN (22-09-90)	994	147	76	37	43
9-ARROYO SAPILO (22-02-90)	997	118	98	33	29
10-FTE. DE LA ALBINA (30-03-92)	1.436	196	328	35	77

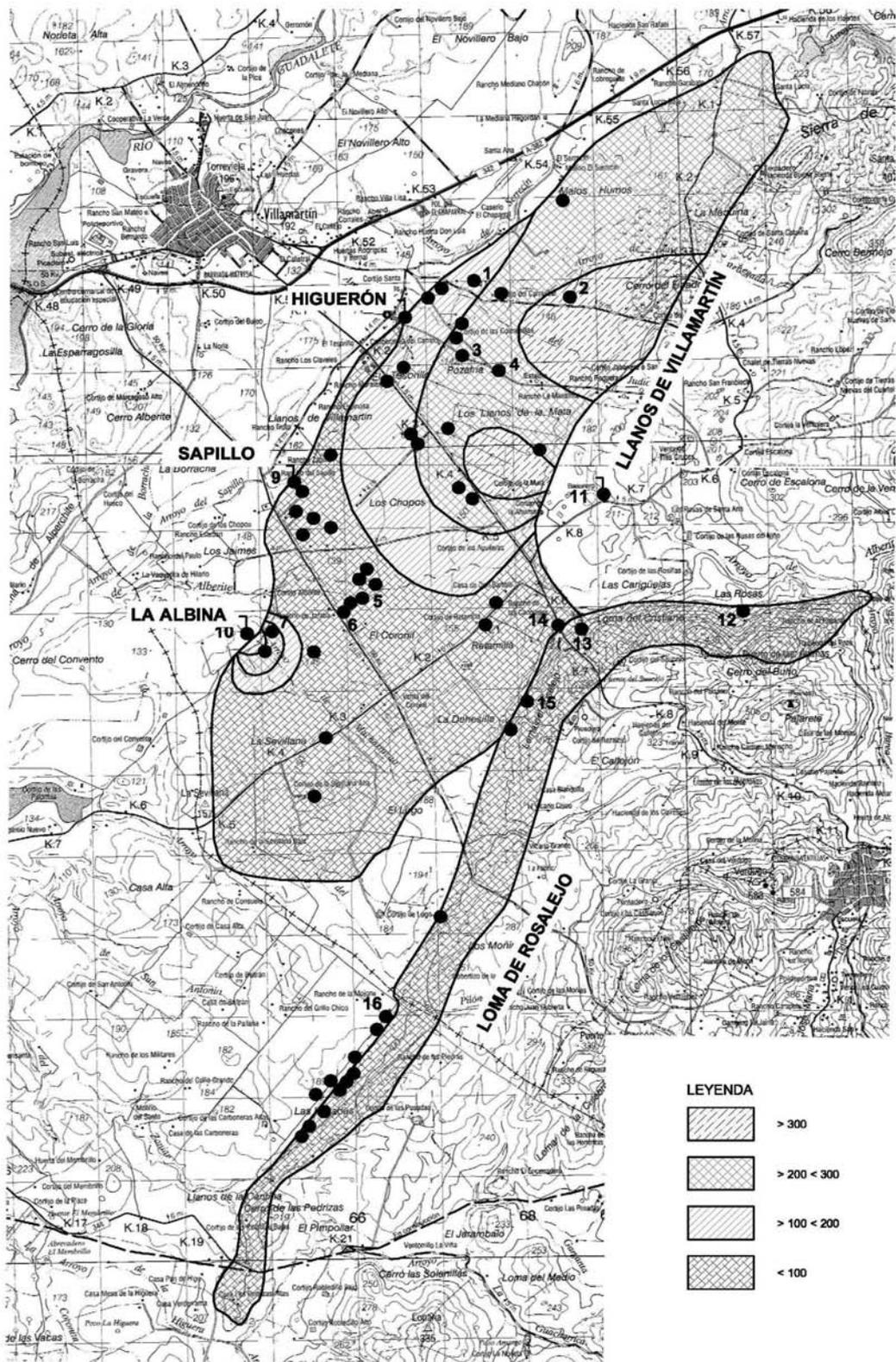
ACUÍFERO DE LOS LLANOS DE VILLAMARTÍN (ARROYOS)	CONDUCT. (μS/cm)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁼ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)
ARROYO DEL CORTIJO DEL DUQUE DE AHUMADA (11-FUENTE SALADA) (08-02-90)	58.930	27.105	5.434	0	297
ARROYO JUDÍO (25-04-90)	2.423	263	955	37	78
ARROYO ALBERITE (21-02-90)	2.189	522	254	30	33
ARROYO SERRECÍN (22-02-90)	1.363	153	437	21	90

ACUÍFERO LOMA DEL ROSALEJO	CONDUCT. (μS/cm)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁼ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	
12-POZO ROSILLAS (30-03-92)	578	25	43	40	25	
13-POZO EL BÚHO (30-03-92)	658	42	18	35	32	
14-POZO J. L. PAVÓN (30-03-92)	642	46	3	33	38	
15-POZO CORTIJO ROSALEJO	(05-04-90)	886	76	36	12	46
	(04-10-00)	1.205	163	79	18	40
16-POZO JUAN BARRAGÁN (LAS CARBONERAS) (21-02-90)	834	54	23	40	27	





SISTEMA ACUÍFERO LLANOS DE VILLAMARTÍN - LOMA DE ROSALEJO
CONTENIDO EN CLORUROS (mg/l)
FEBRERO - ABRIL 1990



SISTEMA ACUÍFERO LLANOS DE VILLAMARTÍN - LOMA DE ROSALEJO
 CONTENIDO EN SULFATOS (mg/l)
 FEBRERO - ABRIL 1990