

**Caracterización de la línea isotópica
septentrionales de la provincia**

**local y de los acuíferos costeros
(Marina Alta) (Alicante)**

Julio 2005



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA



Instituto Geológico
y Minero de España



DIPUTACIÓN
DE ALICANTE
CICLO HÍDRICO

CONTENIDO EN TRITIO DEL AGUA DE LLUVIA EN CATALUÑA

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
1970									89	92	71	83	83,8
1971	62		167	203	273	362	204	157	42	95	23	49	148,8
1972	54	53	67	101	90	75	90	92	46	14	16	16	59,5
1973	37	53	69	74	101	91	109	68	19	26	27	23	58,1
1974	50		39	139	110	110	59	52	32	33	26	24	61,3
1975	28	33	72	80	109	91	70	64	53	22	80	78	65,0
1976	29	28	54	52	76	75	44	33	10	25	16	23	38,8
1977	27	35	33	38	67	69	52	38	25	29	44	34	40,9
1978	65	43	36	52	94	56	34	42	18	25	26	12	41,9
1979	23	24	21	25	32	80	20	16	11	14	10	8	23,7
1980	35	9	11	61	96	31	24	16	24	6	15	10	28,2
1981	10	15	29	52	24	27	42	8	30	8		13	23,5
1982	20	17	7		22	21	22	23	18	31	7	12	18,2
1983		9	12	6	15	16	11	14	10	20	6	3	11,1
1984	11	16	18	15	14	27	12	12	14	9	5	5	13,2
1985	10	10	12	8	13	12	15	12	12	8	3	10	10,4
1986	5	7	10	12	14	16	15	8	11	10	6	8	10,2
1987	4	6	10	15	12	9	9	14	18	19	10	8	11,2
1988	17	14	11	8	17	16	19	16	11	6	14	16	13,8
1989	18	14	15	10,9	12,7	15,9	16,9		8,8	11,4	12	8,6	13,1
1990	10,2	4,4		15,1	9,1	12,9	7,8	7,1	5,1	2,9	2,9	4,5	7,5
1991	4,3	4,4	5,9	7,3	8,1	6	9,4	9,4	4,7	2,9	3,8	4,1	5,9
1992	8,3	6,7	4,1	4,1	7,6	11,3	7,1	4,2	2,4	2,7	3,2	3,2	5,4
1993		11,6	12,4	4,4	7,2	5,4	6,9	5,5	2,8	2,8	3,5		6,3
1994	4,5	6,4	6,7	7,1	4,5	7,1			5,1	7,1	5,9	5,9	6,0
1995		5,5		7,5	5,5	12,9		5,5	6,5	5,4	6,7	7,4	7,0
1996	3,1	4,4	5,8	6,5	7,4	9,7	12,5	7,8	10,2	6,2	6,8	3,9	7,0
1997	5,4		5,4	6,8	8,9	6,7	6,2	6,2	5,6	6,4	3,9	3,9	5,9
1998	4,8	8	8,6	7,9	12,5	8,9	14,7	10,1	8,2	5,9	3,5	4,6	8,1
1999	2,8		4,3										3,6

Referencia: J.Trilla. Universidad Autónoma de Barcelona

ANEXO 3
DATOS ISOTÓPICOS

INDICE

	Pág
1. PRESENTACIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO	6
4. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LOS ACUÍFEROS OBJETO DE ESTUDIO	9
4.1 ACUÍFERO DE PEGO-DENIA	10
4.1.1 Características geométricas y litológicas.....	10
4.1.2 Piezometría	10
4.1.3 Funcionamiento hidráulico y balance hídrico.....	12
4.1.4 Características hidroquímicas.....	13
4.1.5 Uso del agua	14
4.2 ACUÍFERO DE ALBUERCA-GALLINERA-MUSTALLA.....	14
4.2.1 Características geométricas y litológicas.....	14
4.2.2 Características hidrodinámicas.....	16
4.2.3 Piezometría	16
4.2.4 Funcionamiento hidráulico y balance hídrico.....	17
4.2.5 Características hidroquímicas.....	18
4.2.6 Uso del agua	19
4.3 ACUÍFERO DE ALMUDAINA-ALFARO-SEGARIA	19
4.3.1 Características geométricas y litológicas.....	19
4.3.2 Características hidrodinámicas.....	21
4.3.3 Piezometría	22
4.3.4 Funcionamiento hidráulico y balance hídrico.....	22
4.3.5 Características hidroquímicas.....	24
4.3.6 Uso del agua	24
5. SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	25
5.1 PUNTOS PERTENECIENTES A LOS ACUÍFEROS EN ESTUDIO.....	26
5.2 PUNTOS AJENOS A LOS ACUÍFEROS EN ESTUDIO.....	31
5.2.1 Puntos relacionados con formaciones evaporíticas	31
5.2.2 Puntos relacionados con procesos intrusivos antrópicos.....	32
5.2.3 Manantiales para determinación de la Línea Meteórica Local	32
6. RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	34

	Pág
7. CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	39
7.1 INTRODUCCIÓN	40
7.2 CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA	40
7.2.1 Evolución estacional de la composición	40
7.2.2 Caracterización de las facies hidroquímicas	47
7.2.3 Composición de las aguas procedentes de los diferentes acuíferos	51
7.2.4 Índices geoquímicos y correlaciones	60
8. CARACTERIZACIÓN ISOTÓPICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	70
8.1 LÍNEA METEÓRICA LOCAL: ISÓTOPOS ESTABLES ^{18}O Y ^2H	71
8.2 ANÁLISIS DE TRITIO	82
8.3 ANÁLISIS DE ^{34}S Y ^{18}O EN LOS SULFATOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	91
9. CONCLUSIÓN: ORIGEN Y MECANISMOS DE SALINIZACIÓN DE LAS AGUAS	97

ANEXOS

- 1. PRECIPITACIONES REGISTRADAS DURANTE EL AÑO 2004 EN LA ZONA DE LA MARINA ALTA Y SU ENTORNO**
- 2. OTRAS CORRELACIONES GEOQUÍMICAS**
- 3. DATOS ISOTÓPICOS**

1. PRESENTACIÓN

La Marina Alta es una comarca natural situada al norte de la provincia de Alicante, en el límite con la de Valencia. Posee una extensión total de 759 km² y una población de derecho cercana a los 130.000 habitantes, si bien la afluencia turística eleva esta cifra por encima de 600.000 habitantes durante varios meses al año, dando lugar a un notable aumento de la demanda urbana de agua. El turismo y el cultivo intensivo de cítricos constituyen sus principales actividades productivas.

Hasta fecha reciente, las aguas subterráneas constituían el único recurso disponible para satisfacer las necesidades hídricas de la zona, si bien en la actualidad la instalación de plantas desaladoras de agua de mar ha contribuido a paliar la escasez de recursos para abastecimiento urbano padecida por algunas localidades como Jávea. En efecto, la comarca sufre un déficit hídrico de carácter intraestructural –desequilibrio infraestructural–, que afecta a algunos de sus núcleos urbanos y que tiene su origen, entre otros motivos, en la gran variabilidad en la demanda urbana así como en la inadecuada explotación de los acuíferos, donde coexisten unidades fuertemente explotadas con otras claramente excedentarias.

Los acuíferos con mayor volumen de aportaciones de la comarca –Albuerca-Gallinera-Mustalla y Almudaina-Alfaro-Segaria, con un volumen conjunto próximo a 90 hm³/año– son, sin embargo, los que presentan menor explotación relativa (19,2 hm³/año). Ambos descargan un volumen de agua del orden de 63 hm³/año hacia la zona ocupada por uno de los principales humedales de la costa mediterránea: el marjal de Pego-Oliva.

En el entorno del Marjal se observa una serie de manantiales de elevada salinidad procedentes de los acuíferos kársticos, situados a una distancia de 1,5 a 4,4 km de la línea de costa y a cotas comprendidas entre 1 y 3 m.s.n.m. Las investigaciones realizadas hasta el presente no han aportado pruebas suficientemente sólidas que determinen el origen y los mecanismos que dan lugar a esta salinidad. Entre las principales hipótesis figuran los procesos de intrusión marina actual, la influencia de ciertas formaciones evaporíticas existentes en el entorno, la posible presencia de aguas relictas y, sobre todo, los procesos de salinización natural.

En tales circunstancias, y como estudio complementario a la caracterización isotópica de los acuíferos, el IGME planteó la ejecución de un estudio hidrogeoquímico con objeto de evaluar la génesis de estos manantiales, basado esencialmente en la caracterización hidroquímica e isotópica de las aguas de los acuíferos antes mencionados. En síntesis, el estudio llega a la conclusión de que el origen principal de la elevada salinidad de estas aguas se encuentra en procesos ligados tanto a la salinización natural de origen marino, como a intrusión marina actual. La influencia de sedimentos evaporíticos quedaría circunscrita sólo a algunos de los puntos localizados más hacia el interior y cercanos a la alineación diapírica de la sierra de Segaria, y se descarta la hipótesis de la mezcla con aguas marinas antiguas.

En sentido más amplio, estas conclusiones permiten proponer un modelo de funcionamiento hidrodinámico para la zona, según el cual los acuíferos carbonatados de Almudaina-Alfaro-Segaria y de Albuerca-Gallinera-Mustalla se hallarían en contacto directo con el mar bajo los sedimentos detríticos del acuífero cuaternario. El desarrollo de importantes procesos de karstificación generaría una amplia zona de mezcla agua dulce-agua salada, donde la circulación preferencial a través de fisuras y conductos con diferentes cargas hidráulicas estaría desempeñando un papel determinante. En el caso del acuífero Almudaina-Alfaro-

Segaria, este proceso de salinización natural se vería intensificado por efecto de los drenajes que se producen en su zona de descarga.

2. OBJETIVOS

El presente estudio tiene por objeto contribuir a establecer la línea meteórica local así como a caracterizar, desde el punto de vista hidroquímico e isotópico, las aguas subterráneas de los acuíferos de Pego-Denia, Albuerca-Gallinera-Mustalla y Almudaina-Alfaro-Segaria. Sus resultados han permitido determinar el origen de las aguas de elevada mineralización que se manifiestan en las zonas de descarga de los dos últimos hacia los ríos Bullens y Racons, al tiempo que, en sentido más amplio, se han configurado como un importante instrumento de apoyo al desarrollo futuro de proyectos de investigación relacionados con los recursos hídricos subterráneos.

Los trabajos contemplados a este respecto son las siguientes:

- Recopilación de información hidrogeológica relativa a los acuíferos implicados
- Recopilación de información relativa a precipitaciones
- Recopilación de datos isotópicos de referencia
- Selección de puntos de muestreo
- Ejecución de dos campañas de recogida de muestras de aguas subterráneas
- Análisis químico e isotópico de las muestras recogidas
- Tratamiento e interpretación de los hidroquímicos e isotópicos y elaboración de conclusiones

Una vez identificado el citado origen, se elabora una tesis acerca de los mecanismos por los que transcurre el proceso de salinización, teniendo en cuenta las características hidrogeológicas y el comportamiento hidrodinámico de los acuíferos considerados.

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La metodología desarrollada en el presente estudio se concreta en los términos siguientes:

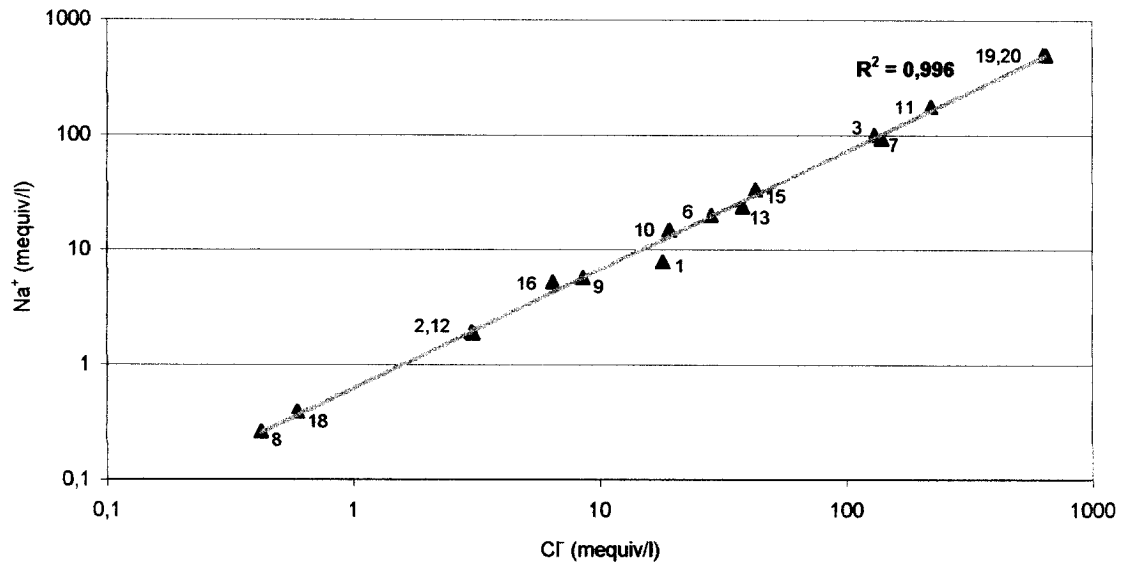
- a) **Revisión de antecedentes.**- Se ha llevado a cabo una revisión de la información hidrogeológica disponible relativa al sistema objeto de estudio así como de los acuíferos limítrofes, en particular la recogida en el Informe *Evaluación y ordenación de recursos hídricos en la Marina Alta (Alicante). Alternativas y directrices*. (IGME, 2003). En lo que respecta a datos hidroquímicos e isotópicos, la referencia fundamental ha sido el estudio *Caracterización hidroquímica de los acuíferos existentes en el entorno del Marjal de Pego-Oliva. Marina Alta (Alicante)*. (IGME, 2002). Asimismo, en el caso concreto del tritio se han empleado datos procedentes de la Agencia Internacional de la Energía Atómica (IAEA). Finalmente, la información relativa a precipitaciones en el área de estudio procede de estaciones gestionadas por el Instituto Nacional de Meteorología.
- b) **Campañas de muestreo y análisis.**- La investigación se basa en el muestreo y análisis químico e isotópico – ^{18}O , ^2H y ^3H , así como ^{34}S y ^{18}O en sulfatos– de puntos de agua pertenecientes a los acuíferos objetivo, realizados mediante dos campañas llevadas a cabo durante los meses de mayo-junio y septiembre-octubre de 2004. También se recogieron muestras de agua de mar para análisis químico y de isótopos estables y, en lo relativo a la caracterización isotópica de las precipitaciones, ante la imposibilidad de disponer de muestras de agua de lluvia se optó por seleccionar manantiales cuyas características hacían presumir su validez como integradores de las mismas, y cuya cota de infiltración era suficientemente conocida. Los análisis químicos se llevaron a cabo en los laboratorios del IGME, mientras que los análisis de ^{18}O , ^2H y ^3H lo fueron en los laboratorios del CEDEX. Las determinaciones de ^{34}S y ^{18}O en sulfatos disueltos corrieron a cargo del Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Depósitos Minerales de la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona.
- c) **Estudio hidroquímico e isotópico.**- Según se ha indicado, el objetivo esencial de este estudio es elaborar una tesis adecuadamente argumentada acerca del origen de las aguas de elevado contenido salino detectadas en ciertos sectores del acuífero de Pego-Denia. Los datos hasta ahora disponibles apuntan como posibles causas de este fenómeno la acción independiente o combinada de la intrusión marina –natural y/o forzada por las extracciones–, la disolución de materiales evaporíticos o bien la presencia de aguas relictas de origen marino. El estudio hidroquímico e isotópico pretende arrojar luz sobre esta cuestión, a cuyo fin se procesan los datos y se calculan índices geoquímicos y correlaciones; se analiza la relación entre composición, el régimen de precipitaciones y las oscilaciones piezométricas; se examinan los patrones que discriminan las familias de aguas; se calculan relaciones de mezcla agua dulce-agua salada, etc.

En lo referente a los análisis isotópicos, sobre un diagrama ^{18}O - ^2H se construye la recta de ajuste local y se analiza la posición de las muestras respecto a esta última. Asimismo, el contenido en isótopos estables de las muestras recogidas a diferentes altitudes proporciona una recta patrón, de utilidad para calcular cotas de recarga, mientras que el contenido de tritio informa acerca de los tiempos de infiltración del agua. El valor de las relaciones entre ^{34}S y ^{18}O del ión SO_4^- disuelto así como entre las formas ^{34}S y ^{32}S , permite establecer analogías y diferencias entre muestras de agua

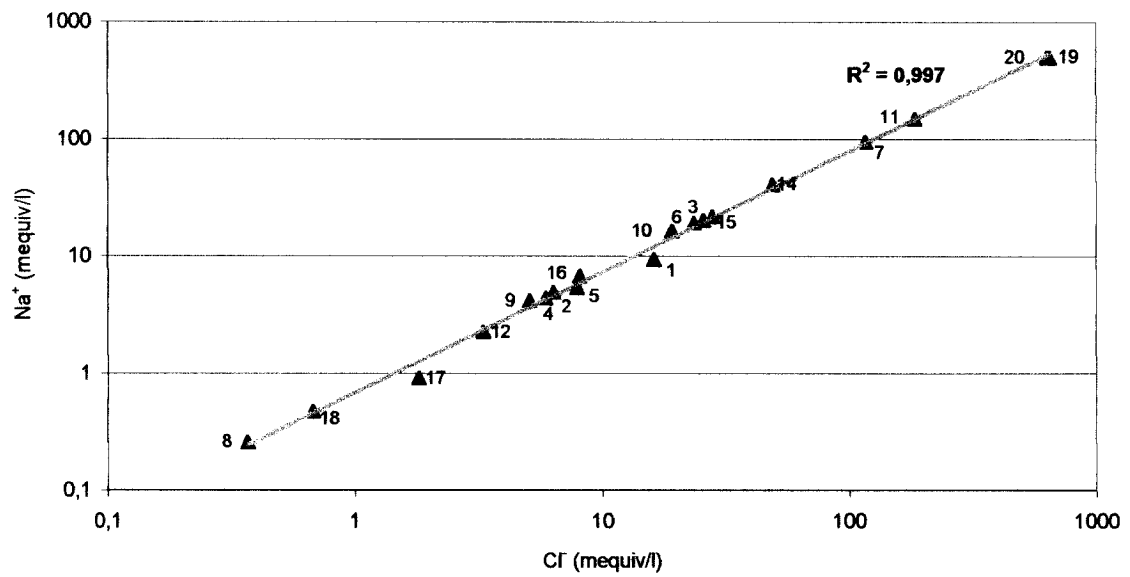
subterránea procedentes de diferentes acuíferos, así como entre éstas y el agua de mar.

- d) Origen y mecanismos de salinización de las aguas.**- A la vista de los resultados proporcionados por los estudios hidroquímico e isotópico, y teniendo en cuenta las características hidrogeológicas e hidrodinámicas de los acuíferos implicados, como conclusión de la investigación se elabora una propuesta acerca del origen del alto contenido salino de las aguas estudiadas así como de los mecanismos que dan lugar a este incremento de la mineralización.

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004

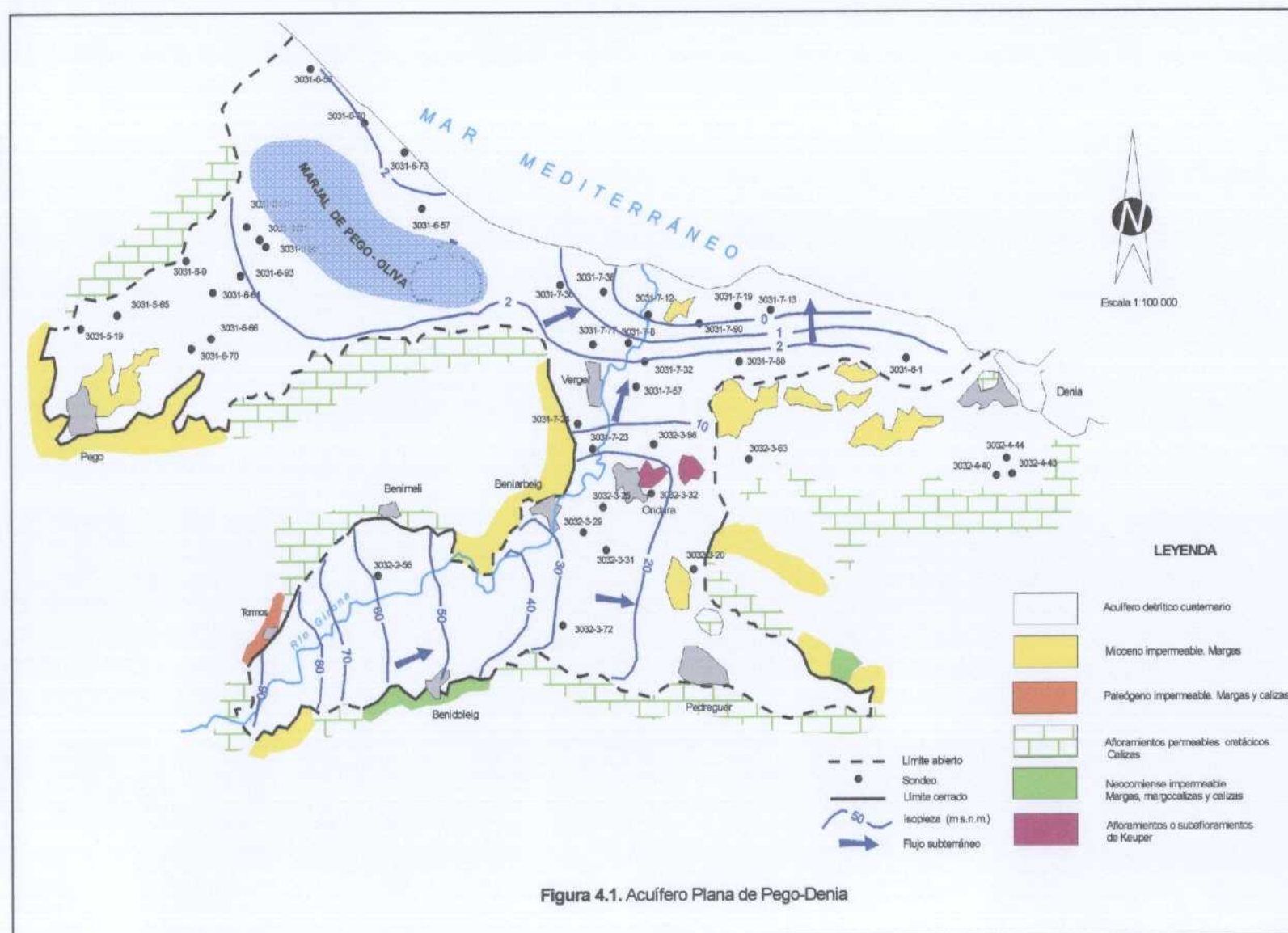


CAMPAÑA SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2004



Relación rNa⁺ vs. rCl⁻

ANEXO 2
OTRAS CORRELACIONES GEOQUÍMICAS



**PRECIPITACIONES REGISTRADAS DURANTE EL AÑO 2004
EN LA ZONA DE LA MARINA ALTA Y SU ENTORNO**

Código estación	Mes	Total	Máxima	Día de la máxima	Días de lluvia
8056C	ENE	9,1	9,1	27	1
	FEB	46,9	29,7	20	4
	MAR	120,4	39,7	28	12
	ABR	97,7	63,0	15	11
	MAY	147,6	88,4	11	10
	JUN	21,1	19,0	14	2
	JUL	0,1	0,1	28	1
	AGO	0,0	0,0	88	0
	SEP	6,1	2,6	3	4
	OCT	8,1	6,1	27	4
	NOV	158,4	68,0	12	7
DIC	563,3	115,3	4	15	
8057A	ENE	8,0	8,0	27	1
	FEB	93,1	57,6	20	7
	MAR	231,0	115,7	28	10
	ABR	116,5	85,0	15	6
	MAY	204,6	88,0	11	6
	JUN	17,4	15,6	14	2
	JUL	2,0	2,0	28	1
	AGO	Inaprec.	Inaprec.	31	1
	SEP	17,9	14,7	13	2
	OCT	7,0	6,0	27	2
	NOV	164,6	73,0	6	7
DIC	501,7	179,0	4	17	
8058A	ENE	0,9	0,9	27	1
	FEB	70,5	41,0	20	4
	MAR	137,3		88	88
	ABR	152,7	96,0	15	6
	MAY	174,5		88	88
	JUN	23,8	23,8	14	1
	JUL	0,1	0,1	29	1
	AGO	11,8	11,8	31	1
	SEP	7,4	4,5	13	2
	OCT	0,1	0,1	20	1
	NOV	121,4	60,0	12	3
DIC	302,9	90,5	5	16	
8058C	ENE	0,9	0,9	27	2
	FEB	54,6	31,0	20	5
	MAR	118,6	62,8	28	13
	ABR	118,0	82,1	15	10
	MAY	164,4	59,2	2	11
	JUN	23,0	22,8	14	2
	JUL	0,5	0,5	28	3
	AGO	13,1	12,3	31	1
	SEP	6,5	3,5	13	2
	OCT	5,6	3,5	27	4
	NOV	118,1	64,7	12	7
DIC	278,7	85,0	5	17	
8058O	ENE	0,0	0,0	88	0
	FEB	105,0	69,0	20	4
	MAR	229,0	65,0	28	11
	MAY	263,0	83,0	3	8
	JUN	20,0	20,0	14	1
	JUL	0,5	0,5	28	1
	AGO	11,0	9,0	31	2
	SEP	0,0	0,0	88	0
	OCT	4,0	4,0	27	1
	NOV	109,0	53,0	12	4
DIC	447,0	146,0	6	13	

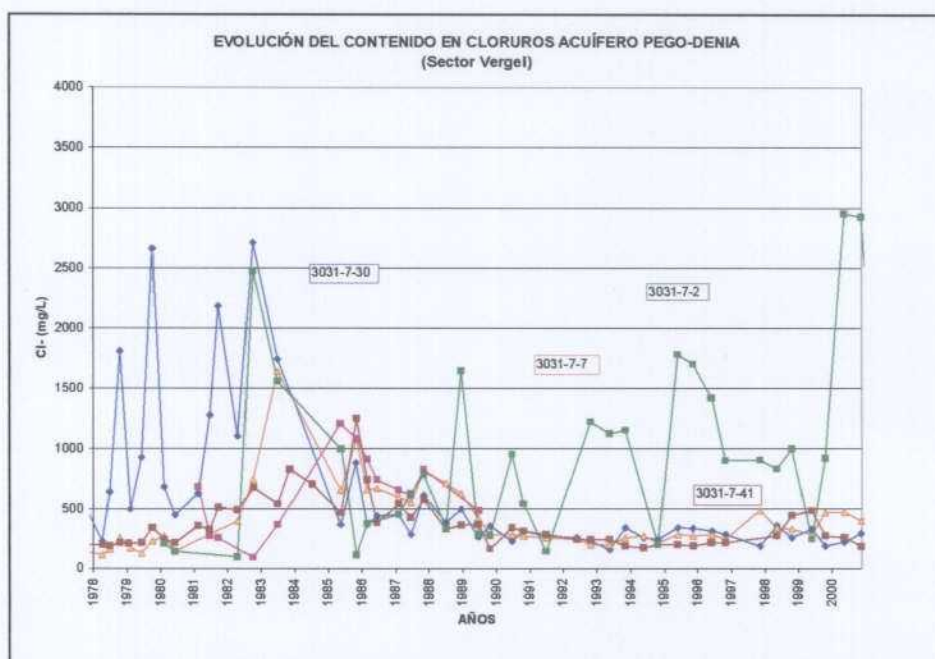
Salidas	
Extracciones por bombeos	21 hm ³ /año
Salidas hacia otros acuíferos:	
A. Cretácico del Girona	2,2 hm ³ /año
A. Solana de la Llosa	2,5 hm ³ /año
Emergencias en el Marjal Pego (drenaje de los ríos	
Barranquet y Racons) y cavas de Ondara y Vergel	7,8 hm ³ /año
Salidas al mar	10,53 hm ³ /año
Total	44,03 hm³/año

4.1.4 Características hidroquímicas

Las concentraciones de cloruros son elevadas en varios sectores del acuífero, manteniéndose por encima de los 400 mg/l al noroeste de Vergel (entre esta población y la finca del Rosario) y al oeste de Denia, zonas en las que pueden alcanzarse, en los periodos de estiaje, niveles entre 700 y 1.000 mg/l e incluso superiores (3.000 mg/l). Cabe destacar, asimismo, la elevada conductividad eléctrica del agua extraída en la finca del Rosario, con registros hasta de 14.000 µS/cm.

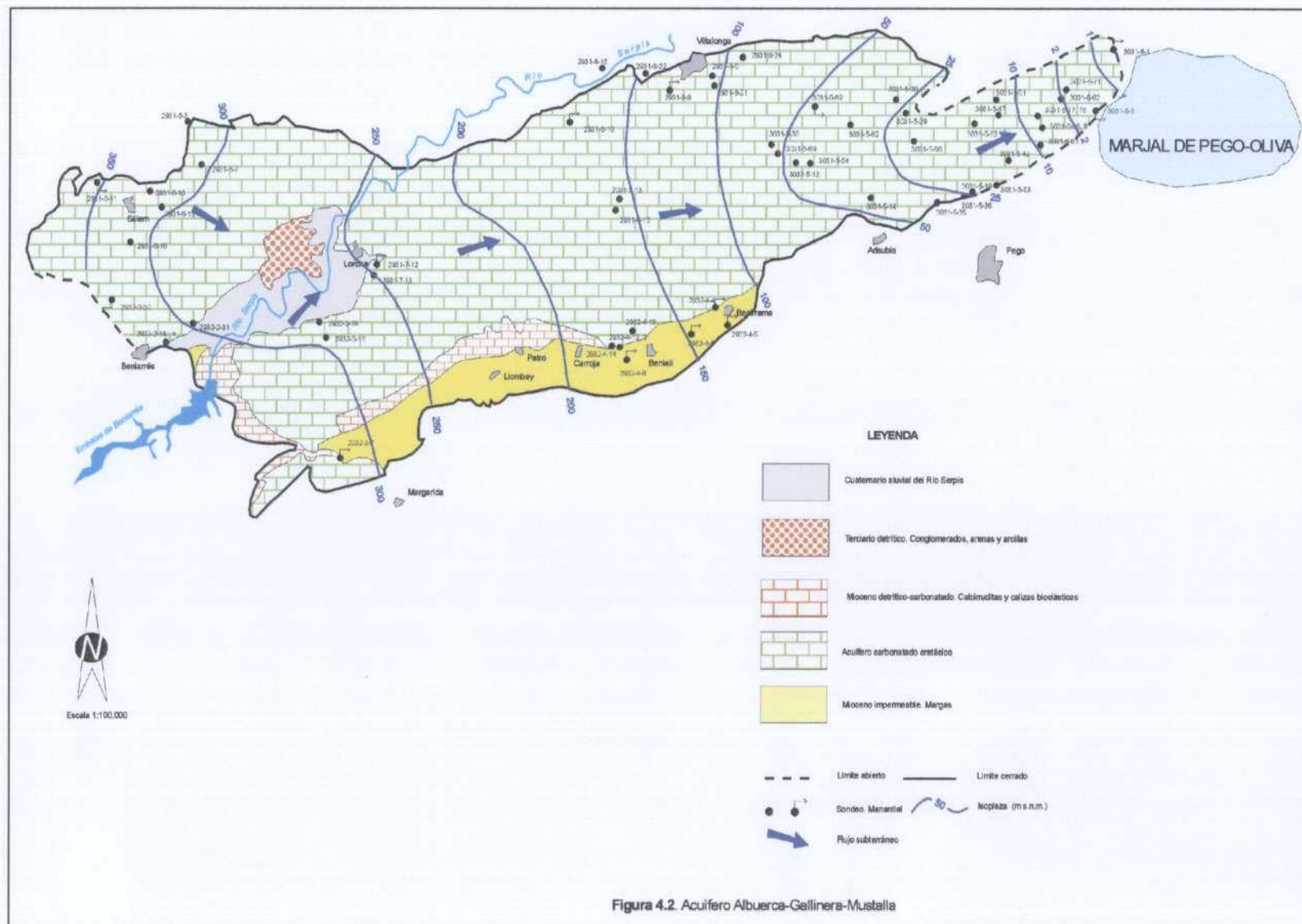
En el Marjal de Oliva-Pego las aguas subterráneas presentan también un elevado contenido de cloruros, que se asocia a un proceso de mezcla de aguas del propio acuífero con las procedentes de las sierras de Mustalla y de Segaria donde, como se ha indicado, existen manantiales de elevada salinidad.

La concentración de cloruros en las aguas de este acuífero tiende a aumentar a largo plazo, especialmente en las zonas próximas a Vergel, donde se han registrado incrementos importantes en los últimos años (ver punto 3031-7-2 del gráfico adjunto).



**PRECIPITACIONES REGISTRADAS DURANTE EL AÑO 2004
EN LA ZONA DE LA MARINA ALTA Y SU ENTORNO**

Código estación	Mes	Total	Máxima	Día de la máxima	Días de lluvia
8043	ENE	4,6	4,6	27	1
	FEB	47,5	24,2	20	7
	MAR	109,5	39,1	28	10
	ABR	70,9	43,3	15	8
	MAY	119,4	74,1	11	11
	JUN	17,1	17,1	14	2
	JUL	2,0	1,4	28	6
	AGO	10,6	9,6	4	4
	SEP	5,9	4,7	2	5
	OCT	13,7	7,1	9	4
	NOV	99,2	58,1	12	5
DIC	298,8	82,5	7	20	
8054	ENE	8,0	8,0	27	1
	FEB	74,0	44,0	20	4
	MAR	208,0	85,0	28	9
	ABR	112,0	64,0	15	7
	MAY	181,0	105,0	11	7
	JUN	21,0	19,0	14	2
	JUL	1,0	1,0	29	1
	AGO	0,0	0,0	88	0
	SEP	16,0	16,0	15	1
8056	ENE	2,0	2,0	27	1
	FEB	84,0	59,0	20	4
	MAR	142,0		88	88
	ABR	117,0	73,0	15	6
	MAY	140,0	70,0	11	6
	JUN	21,0	21,0	14	1
	OCT	8,0	5,0	27	2
	NOV	167,0	72,0	12	5
	DIC	242,0	66,0	6	12
8063	FEB	36,0	20,0	20	4
	MAR	76,0		88	88
	ABR	91,0	50,0	15	7
	MAY	92,0	46,0	11	10
	JUN	25,0	15,0	14	3
	JUL	1,0	1,0	16	2
	SEP	Inaprec.	Inaprec.	3	2
	OCT	8,0	5,0	27	4
	NOV	174,0	100,0	5	5
DIC	405,0	90,0	5	13	
8066	ENE	7,8	7,8	27	1
	FEB	43,8	24,5	20	5
	MAR	101,3	28,0	28	11
	ABR	136,1	91,8	15	8
	MAY	162,9	79,5	11	10
	JUN	21,5	21,5	14	1
	JUL	0,0	0,0	88	0
	AGO	13,5	13,5	31	1
	SEP	0,5	0,5	10	2
	OCT	8,6	5,5	27	3
	NOV	256,6	185,2	5	5
	DIC	725,3	181,6	4	15
8067	ENE	10,8	10,2	27	2
	FEB	43,4	24,1	20	8
	MAR	108,7	26,5	28	15
	ABR	105,5	57,0	15	11
	MAY	124,7	72,5	11	13
	JUL	0,8	0,8	6	3
	AGO	11,5	11,5	31	0
	SEP	7,0	3,1	3	7
	OCT	17,4	8,9	9	6
	NOV	179,8	82,4	5	8
	DIC	592,6	173,2	4	18



ANEXOS

En conclusión, la salinización podría, pues, calificarse como un **proceso natural**, en el que la circulación preferencial a través de fisuras y conductos con diferentes cargas hidráulicas desempeñaría un papel determinante. Dicho proceso tendría su mejor representación en la zona de descarga del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla; no obstante, en el caso del acuífero Almudaina-Alfaro-Segaria, el drenaje inducido del acuífero a cotas negativas (-2 m.s.n.m.) realizado en la finca Oriol, estaría generando una intrusión adicional que, en cierta medida, estaría enmascarando y potenciando a la de índole natural.

En lo referente al acuífero cuaternario de Pego-Denia, la baja mineralización observada en muestras recogidas en áreas próximas a los manantiales salinos evidencia que **los procesos de salinización que afectan a estos últimos no tienen influencia en el acuífero detrítico** o, al menos, no en la misma medida. Esto, permite descartar la hipótesis de una supuesta mezcla con aguas relictas de origen marino retenidas en sus sedimentos, y refuerza la tesis de que se trata de procesos de salinización actuales.

Como consideración final cabe añadir que la existencia de fenómenos de salinización, con mayor ó menor desarrollo, es una característica casi constante en sistemas carbonatados litorales de tipo kárstico, independientemente de su grado de explotación. Los datos aportados por los trabajos realizados y las conclusiones obtenidas apuntan a que los procesos de salinización natural están en el origen de este hecho, ó contribuyen a él en gran medida, siendo muy habituales en esta clase de acuíferos. Esta circunstancia pone de relieve la gran sensibilidad de los acuíferos kársticos litorales a una explotación inadecuada, que puede traducirse en una fácil salinización de sus aguas cuando esto sucede. En consecuencia, es importante resaltar que la comprensión del funcionamiento hidrodinámico de estos sistemas hidrogeológicos es absolutamente imprescindible para el correcto diseño de sus planes de explotación, que deberán ser acordes con el aprovechamiento armónico y sostenible de sus recursos hídricos.

Si se toma como volumen de la descarga del acuífero al río Bullens un valor intermedio entre los hallados por ambos modelos de simulación, se obtiene el siguiente balance del acuífero para el año medio:

Entradas	
Infiltración de lluvia	42,0 hm ³ /año
Infiltración de regadíos	2,7 hm ³ /año
Alimentación lateral (Solana-Benicadell y emb. Beniarrés)	12,4 hm ³ /año
Total	57,1 hm³/año

Salidas	
Manantiales y salidas al río Bullens	28,3 hm ³ /año
Salidas al río Serpis	8,7 hm ³ /año
Salidas laterales al detrítico de Oliva de la Plana de Gandía-Denia	3,4 hm ³ /año
Salidas laterales a la Plana de Pego-Denia	4,0 hm ³ /año
Bombeos urbanos	2,88 hm ³ /año
Bombeos agrícolas	9,82 hm ³ /año
Total	57,1 hm³/año

4.2.5 Características hidroquímicas

Las aguas bicarbonatadas cálcicas constituyen la facies hidroquímica predominante en el sistema, con residuos secos entre 200 y 350 ppm salvo en el sector más oriental del acuífero (sierra de Mustalla), donde aparecen aguas cloruradas con valores de 650 ppm. Se trata, en general, de aguas de buena calidad química, salvo en algunas captaciones afectadas por elevados contenidos de nitratos de origen agrícola. Asimismo, en el extremo nororiental del sistema existen varias surgencias de elevado contenido salino, tales como los manantiales de Font Salada y El Solinar, cuyo origen es, precisamente, uno de los objetivos del presente estudio.

La elevada salinidad de los dos manantiales citados es la causa del incremento de la concentración de iones Cl⁻, SO₄⁼, Na⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ en el curso bajo del río Bullens, al final del Marjal, tramo en el que se acentúa el carácter clorurado sódico de sus aguas, con residuos secos entre 1.200 y 3.330 ppm. El contenido de ión HCO₃⁻ es similar al del acuífero.

Las aguas del río Serpis, que drena el tercio occidental de la unidad, presentan una facies hidroquímica similar a la del acuífero, aunque con contenidos más elevados de los iones SO₄⁼, Cl⁻ y NO₃⁻ debido a las actividades agrícolas e industriales que se desarrollan aguas arriba del embalse de Beniarrés, así como a la presencia de yesos en las formaciones geológicas por las que previamente discurre su cauce. La calidad química del agua del río mejora entre un punto situado aguas arriba del barranco de la Encantada y el contacto del acuífero con el jurásico de Ador, lo que indica un aporte en este tramo de aguas de buena calidad que proceden tanto del citado barranco como del acuífero.

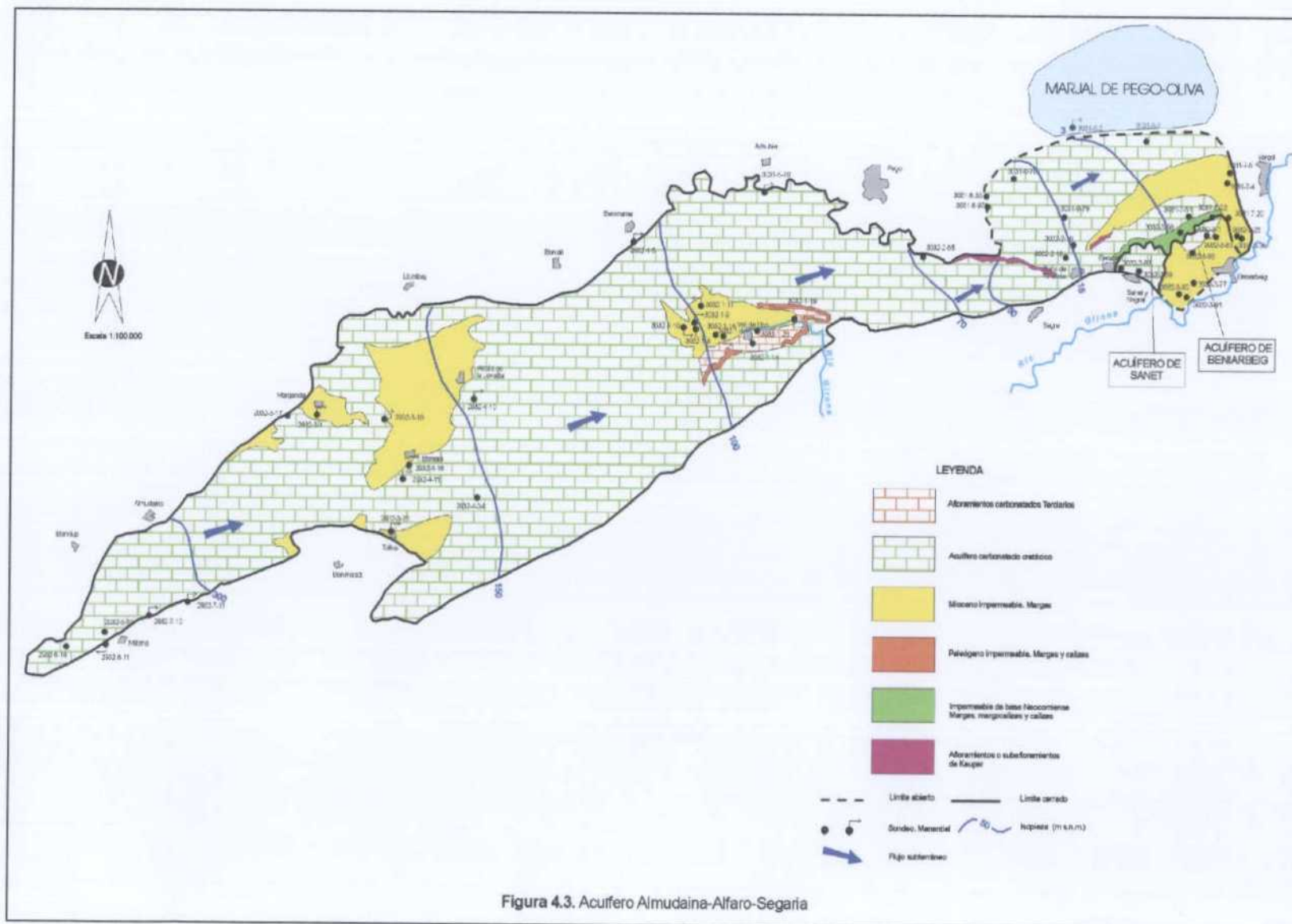
Según se indicó en el capítulo 3, sobre la base de los resultados proporcionados por los estudios hidroquímico e isotópico, y teniendo en cuenta las características hidrogeológicas e hidrodinámicas de los acuíferos implicados, la investigación debe proporcionar como conclusión, en primer lugar, la caracterización de la Línea Meteórica Local así como una propuesta acerca de acerca del origen de la elevada salinidad de las aguas estudiadas, y de los mecanismos que dan lugar a esta última.

En primer lugar, conviene poner de manifiesto la notable coherencia existente entre los resultados de los estudios de caracterización hidroquímica e isotópica. Los diferentes procedimientos empleados para clasificar cada una de las muestras en función de su composición química e isotópica –diagramas de Langellier-Ludwig, diagramas de Schoeller, cálculo de índices geoquímicos, correlación entre concentraciones iónicas, correlación entre contenidos isotópicos, estimación de tiempos de recarga, etc.–, así como para fijar su posición respecto a la composición del agua del mar, ofrecen resultados prácticamente similares.

La primera cuestión a dilucidar respecto al origen de la salinidad del agua es la que concierne a la fuente de aportación de sales: agua marina o disolución de formaciones evaporíticas. A este respecto, los distintos tratamientos aplicados a los datos hidroquímicos comparten prácticamente el mismo resultado: la composición de la muestra tiende a aproximarse a la del agua de mar a medida que se incrementa el contenido salino. En el caso de un indicador tan característico de la influencia marina como es la relación rCl/rBr^- , su valor en las muestras más mineralizadas –nos. 3 (Balsa Sineu), 7 (Finca el Rosario) y 11 (Font Salada)– no difiere sensiblemente del obtenido para el agua de mar.

Estos resultados coinciden con los que proporciona el tratamiento de los datos isotópicos. Las muestras de mayor contenido salino se singularizan de nuevo, en este caso sobre el diagrama ^{18}O vs. 2H . Asimismo, la correlación ^{18}O vs. T.S.D. apunta a un proceso de mezcla agua dulce-agua salada –no a un proceso de disolución– en las muestras más mineralizadas. En lo referente al tritio, se observa una correlación directa entre su concentración y el contenido de sales, al igual que ocurre cuando se correlaciona el índice $^{34}S/^{18}O$ con el T.S.D. Asimismo, los valores de esta índice como también los de la relación $^{32}S/^{34}S$ se aproximan a los del agua de mar a medida que se incrementa la salinidad. Finalmente, es importante destacar que las muestras del acuífero detrítico de la Plana de Pegó-Denia recogidas en la zona del Marjal, **no se encuentran afectadas por el fenómeno de salinización.**

A la vista de lo expuesto se concluye que, de acuerdo con los resultados del estudio hidrogeoquímico, la tesis más plausible acerca del origen del alto contenido salino de los manantiales que drenan los acuíferos carbonatados de Albuerca-Gallinera-Mustalla y Almudaina-Alfaro-Segaria hacia el acuífero de Pegó-Denia, es de origen marino actual. Esta tesis permite formular un modelo de funcionamiento hidrodinámico para la zona según el cual ambos acuíferos carbonatados, en contacto directo con el mar bajo los sedimentos detríticos del acuífero cuaternario, dispondrían de una amplia zona de mezcla agua dulce-agua salada consecuencia del desarrollo de importantes procesos de karstificación (figura 9.1). La posible influencia de sedimentos evaporíticos sobre las aguas subterráneas quedaría, de este modo, restringida sólo a algunos de los puntos localizados más hacia el interior y cercanos a la alineación diapírica de la sierra de Segaria.



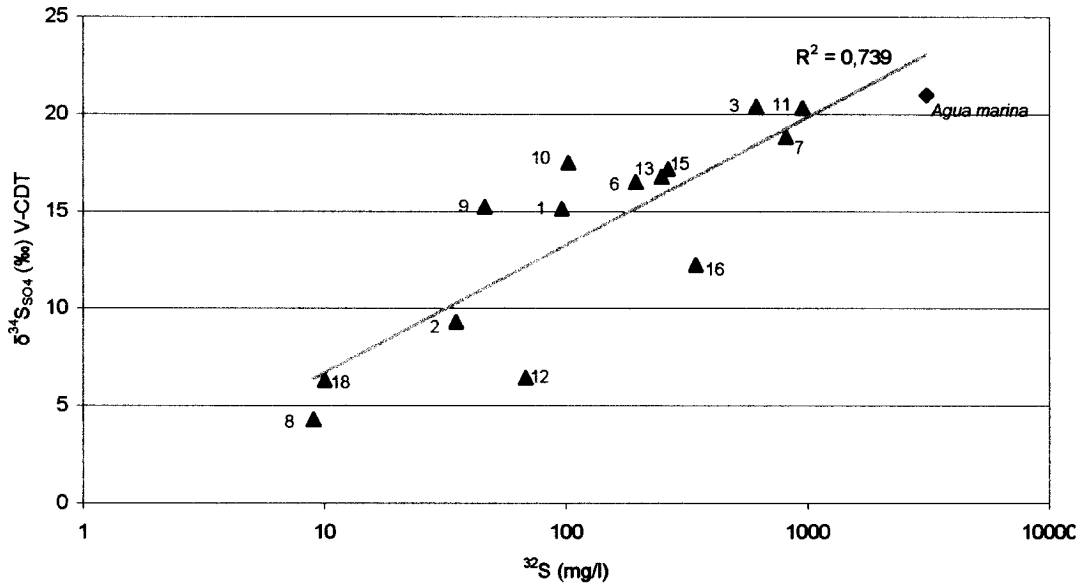


FIGURA 8.16.- Relación ^{32}S vs. ^{34}S

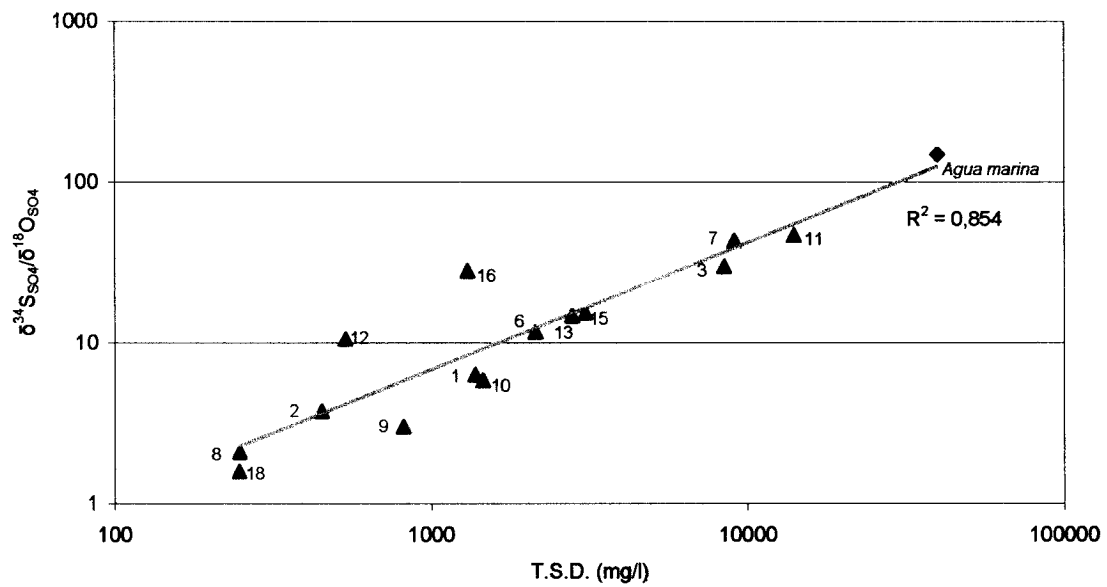


FIGURA 8.17.- Relación $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ vs. T.S.D.

resulta completamente ajena a procesos de intrusión marina. La posición en el diagrama de esta muestra respecto a la de los dos grupos arriba citados (figura 8.13) pone de manifiesto tanto su origen evaporítico, como lo que esta circunstancia representa a efectos de establecer diferencias entre su composición isotópica y la de las aguas subterráneas afectadas por la intrusión marina.

- La muestra nº 2 corresponde a un agua de facies clorurada-bicarbonatada cálcico-sódica procedente de un sondeo situado en la subunidad de Segaria, cuya salinidad es probablemente consecuencia de su proximidad a la alineación diapírica de Ráfol de Almunia. Esta circunstancia determina que su composición isotópica sea, como en el caso de la nº 16, diferente a la de los dos grupos de aguas en los que se presume la influencia de la intrusión marina, a la que es ajena este sondeo.
- La muestra nº 12 (Ullal de Bullent) procede un sondeo surgente que capta el acuífero detrítico del Marjal de Pego. Como cabía esperar a la vista de su composición química –claramente distinta de la de las aguas del entorno de salinidad más elevada–, la relación $^{34}\text{S}/^{18}\text{O}$ confirma que este punto es ajeno a la influencia del agua de mar que caracteriza a los dos grupos anteriormente descritos. La muestra nº 18 ofrece una composición isotópica muy similar, si bien se trata de agua bicarbonatada cálcica procedente del acuífero de Mediodía.
- La muestra nº 8 corresponde a un sondeo –La Solana– situado en el interior Vall de Gallinera, que capta aguas bicarbonatadas cálcicas de baja mineralización procedentes del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla. Este origen determina su posición claramente diferenciada del resto en el diagrama de la figura 8.13.

Como complemento a este análisis, en las figuras 8.16 y 8.17 se han incluido, respectivamente, los diagramas ^{34}S vs. ^{32}S y $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ vs. T.S.D. Ambos respaldan los resultados hasta aquí descritos, en la medida que establecen una clasificación de las muestras similar a la que recogen estos últimos.

o del de Margarida, e incluso del acuífero captado por el sondeo de abastecimiento a Vall de Alcalá. Asimismo, dentro de este sistema hidrogeológico se han incluido las pequeñas estructuras acuíferas de Sanet y Beniarbeig, localizadas inmediatamente al sur del acuífero de la sierra de Segaria.

El balance hídrico obtenido para el período 1978-83 mediante el modelo de flujo en régimen transitorio citado en el epígrafe anterior, en el que se incluyó al acuífero de la sierra del Mediodía, permitió asignar unas entradas medias al sistema de 40,8 hm³/año y unas salidas de 45,9 hm³/año, lo que supone una variación del almacenamiento en dicho período de -5,1 hm³/año, achacable a un reajuste del sistema por las escasas precipitaciones de los años 1982 y 1983.

Las dudas planteadas sobre la representatividad del volumen obtenido para las descargas del acuífero hacia la balsa Sineu y el río Racons -22,8 hm³/año-, propiciaron un nuevo estudio por parte del IGME según el cual esta cifra se elevó a 35,34 hm³/año, valor que incluye recursos superficiales y subterráneos así como aportes de procedencia marina y parte de los caudales de drenaje de la finca del Rosario, estimados en 16,5 hm³/año. Dicho estudio puso de manifiesto la dificultad para determinar con precisión las salidas de esta unidad al río Racons, debido a la posible influencia de las mareas, a la fuerte modificación de las condiciones naturales por actuaciones humanas y, fundamentalmente, a la formación de barras arenosas litorales originadas por los temporales de levante. A la distorsión de las medidas contribuye también la existencia de aportes irregulares procedentes del drenaje del Marjal y, sobre todo, de la finca del Rosario, así como las actuaciones llevadas a cabo sobre el medio hídrico para el cultivo del arroz.

Si se considera el modelo realizado en el año 2005, ajustando ligeramente las extracciones por bombeo y los retornos de riego, el balance del acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria para el período 1978-83 resulta ser el siguiente:

Entradas	
Infiltración de lluvia	33,2 hm ³ /año
Infiltración de regadíos	0,2 hm ³ /año
Total	33,4 hm³/año

Salidas	
Bombeos urbanos	0,3 hm ³ /año
Bombeos agrícolas	2,4 hm ³ /año
Drenaje río Racóns y balsa de Sineu	30,7 hm ³ /año
Total	33,4 hm³/año

Según lo expuesto, los recursos medios del acuífero se sitúan en torno a los 33,4 hm³/año, cifra superior a la referida en el *Mapa del Agua de la Provincia de Alicante* (25 hm³/año), donde se estima en 5 hm³/año el aprovechamiento del sistema.

4.3.5 Características hidroquímicas

Las características hidroquímicas reflejan la existencia de sendos tipos de aguas correspondientes a los dos sectores del acuífero. Las aguas de la subunidad Almudaina-Alfaro, en la que se incluyen las estructuras de Sanet y Beniarbeig, son de tipo bicarbonatado cálcico, con una salinidad inferior a 300 mg/l y, en general, aptas para el consumo. En cuanto a las aguas de la subunidad de Segaria en las proximidades del Marjal de Pego, los datos disponibles indican la presencia de aguas cloruradas sódicas que aumentan su carácter cálcico hacia la alineación diapírica de Rafol de Almunia, con un contenido de cloruros que varía normalmente entre 1.000 y 3.000 mg/l. En general, no son aguas aptas para el consumo por su alto contenido de cloruros, sulfatos, calcio y nitratos.

Las aguas de este último sector se hacen paulatinamente más salinas según se progresa hacia el este, alcanzando en la finca del Rosario, ya en el propio Marjal, conductividades que superan los 15.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El vertido del drenaje de esta finca al río Racons (14 a 16 $\text{hm}^3/\text{año}$) provoca un importante deterioro de sus recursos, que tienen que ser tratados en una planta potabilizadora antes de su empleo para el abastecimiento de la población de Denia.

4.3.6 Uso del agua

El volumen de explotación de recursos del acuífero alcanza la cifra de 6,53 $\text{hm}^3/\text{año}$, de los cuales 2,4 $\text{hm}^3/\text{año}$ se destinan a usos agrícolas y 4,13 $\text{hm}^3/\text{año}$ al abastecimiento urbano e industrial. La captación se realiza mediante bombes a través de pozos y el aprovechamiento de pequeños manantiales, en su mayoría de caudales reducidos ligados a acuíferos desconectados del nivel principal y repartidos por todo el acuífero, salvo el abastecimiento de Denia. Este último se realiza mediante una captación situada en el río Racons, estimada en 3,83 $\text{hm}^3/\text{año}$.

	Nº Inventario	Toponimia	Acuífero	Conduc. (μ S/cm)	T.S.D. (mg/l)	$\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ (‰)
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	2.345	1.377	15,1	11,45
2	303220016	S. El Salvador	AAS	689	451	9,3	10,44
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	14.205	8.425	20,4	10,71
6	E-12	Riu Racons	AAS - PPD	3.705	2.136	16,5	11,46
7	E-16	Finca El Rosario	AAS - PPD	16.295	9.060	18,8	10,01
8	293240002	S. La Solana	AGM	323	248	4,3	7,76
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	1.216	817	15,2	10,57
10	E-6	M. El Solinar	AGM	2.345	1.457	17,5	11,28
11	E-8	Font Salada	AGM	22.688	13.998	20,3	9,84
12	U.B.	Ullal de Bullent	PPD	777	536	6,4	10,27
13	M.M.1.	Muestra Marjal-1	PPD	4.465	2.788	16,8	11,72
15	E-10	Canal del Barranquet	PPD	4.945	3.066	17,2	10,57
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	1.543	1.302	12,2	13,78
18	303220058	S. La Bolata	M	373	247	6,3	10,16
21	F.M.	Font de Mortits Alto	AAS	404	347	6,1	n.d.
23	293280009	Font de Espelda	CJ	434	395	4,5	n.d.
24	293280033	Fte. Nueva	?	454	421	0,2	n.d.
25	293230021	Font d'els Petits	AAS	399	385	2,4	n.d.
26	293280016	Fte. Espiritu Santo	M	768	717	3,3	n.d.

Tabla 8.4.- Concentración de ^{34}S y ^{18}O en $\text{SO}_4^{=}$ de las muestras de la campaña mayo-junio

8.3 ANÁLISIS DE ^{34}S Y ^{18}O EN LOS SULFATOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El análisis del contenido de ^{34}S y ^{18}O del ión SO_4^- representa una valiosa herramienta para el estudio del origen de las sales disueltas en el agua subterránea, particularmente en áreas costeras donde los procesos de intrusión marina pueden influir sobre su composición. El valor de las relaciones entre ambos isótopos así como entre las formas ^{34}S y ^{32}S , permite establecer analogías y diferencias entre muestras de agua subterránea procedentes de diferentes acuíferos, así como entre éstas y el agua de mar. El contenido isotópico de esta última resulta notablemente constante:

$$\delta^{34}\text{S}=+21\text{‰} \text{ y } \delta^{18}\text{O}=+9,5\text{‰}.$$

La composición isotópica del ión sulfato disuelto en el agua subterránea puede manifestar diferencias significativas en función de su origen –por ejemplo, entre el proveniente de la disolución de rocas ígneas y el del agua de mar–, si bien puede darse también la circunstancia de que tales diferencias no resulten tan evidentes, como cuando se trata de distinguir los sulfatos procedentes de la disolución de yesos asociados a formaciones evaporíticas de origen marino, de los aportados por la propia agua de mar.

Al día de hoy el laboratorio sólo ha facilitado los análisis de ^{34}S y ^{18}O de las muestras de la primera campaña, por lo que su interpretación se limitará a estos resultados, los cuales se reflejan en la tabla 8.4. Asimismo, la figura 8.13 refleja gráficamente la relación entre ambos isótopos para las muestras recogidas en los acuíferos en estudio, así como en los de Mediodía (nº 16) y el Cuaternario del Jalón (nº 18). No se incluyen los de las muestras nºs 21 a 26 debido a que no se dispone de los análisis de ^{18}O de las mismas. De la citada figura se deducen las siguientes consideraciones:

- Se aprecia una notable coherencia entre los resultados proporcionados por las correlaciones geoquímicas y los que aporta esta gráfica.
- Las muestras nºs 3 (Balsa Sineu), 7 (Casa de Bombas de la Finca El Rosario) y, especialmente, la nº 11 (Font Salada), ocupan posiciones muy próximas a las del agua de mar –como ocurría en la práctica totalidad de los diagramas geoquímicos y en las correlaciones entre salinidad y contenido de tritio–, lo que sugiere la posibilidad de que se hallen influenciadas por un proceso de intrusión marina actual. La relación entre estos isótopos y la salinidad (figura 8.14: $^{34}\text{S}/^{18}\text{O}$ vs. T.S.D.) ofrece idéntico resultado.
- Las muestras nºs 1, 6, 9, 10, 13 y 15 conforman un grupo de salinidad intermedia, en el que la influencia marina no resulta tan evidente como en las tres anteriores. Según se observa en la gráfica superior de la figura 8.15, estas muestras se desplazan ligeramente hacia posiciones más propias de aguas subterráneas influenciadas por la disolución de evaporitas, mientras que las tres anteriores lo hacen hacia la posición ocupada por el agua de mar.
- La muestra nº 16 corresponde a agua sulfatada-clorurada cálcica procedente de un pozo perforado sobre el Cuaternario del Jalón, cuya composición evidencia una clara influencia de materiales evaporíticos triásicos y que, dada su situación geográfica,

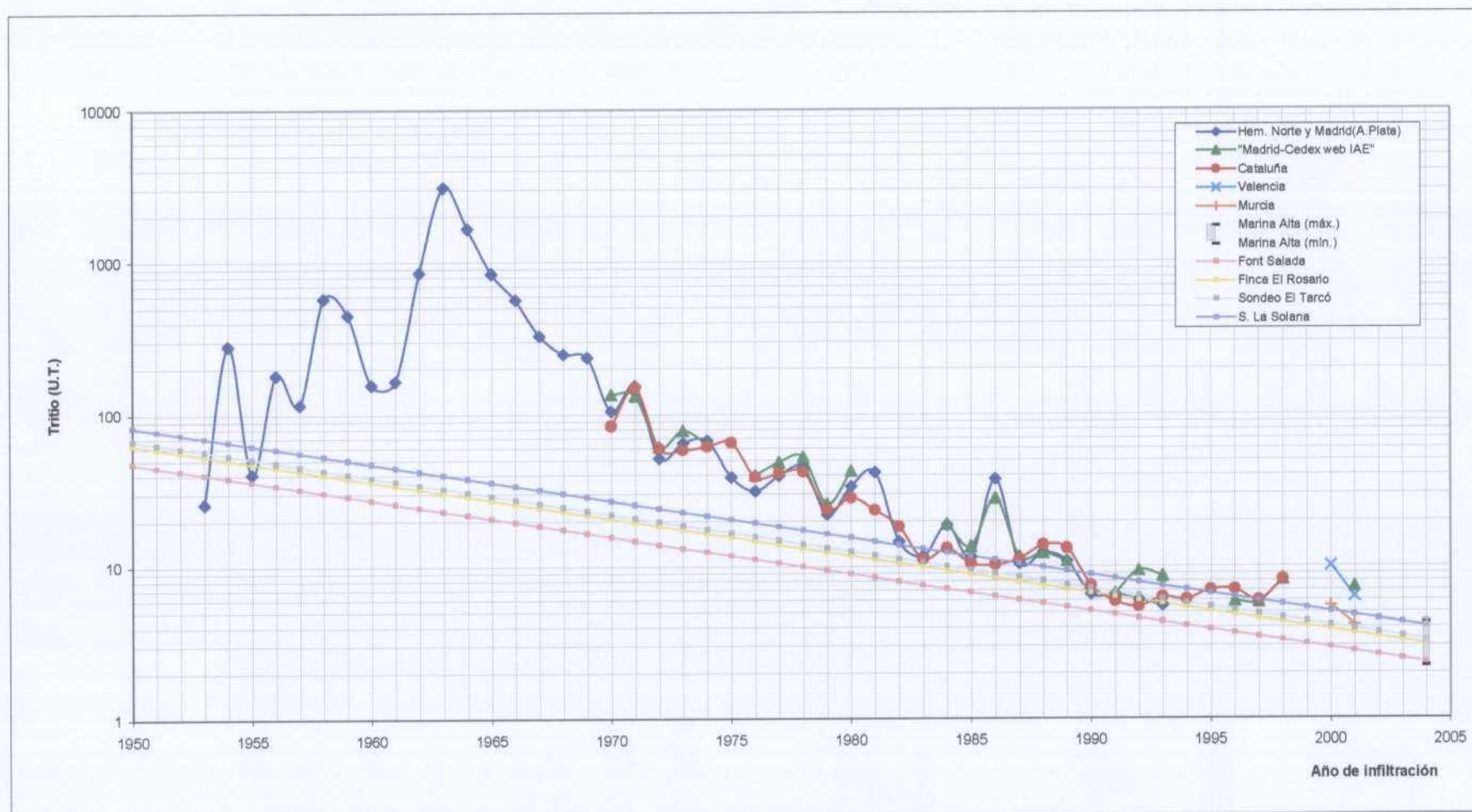


Figura 8.12.- Contenido de tritio del agua de recarga

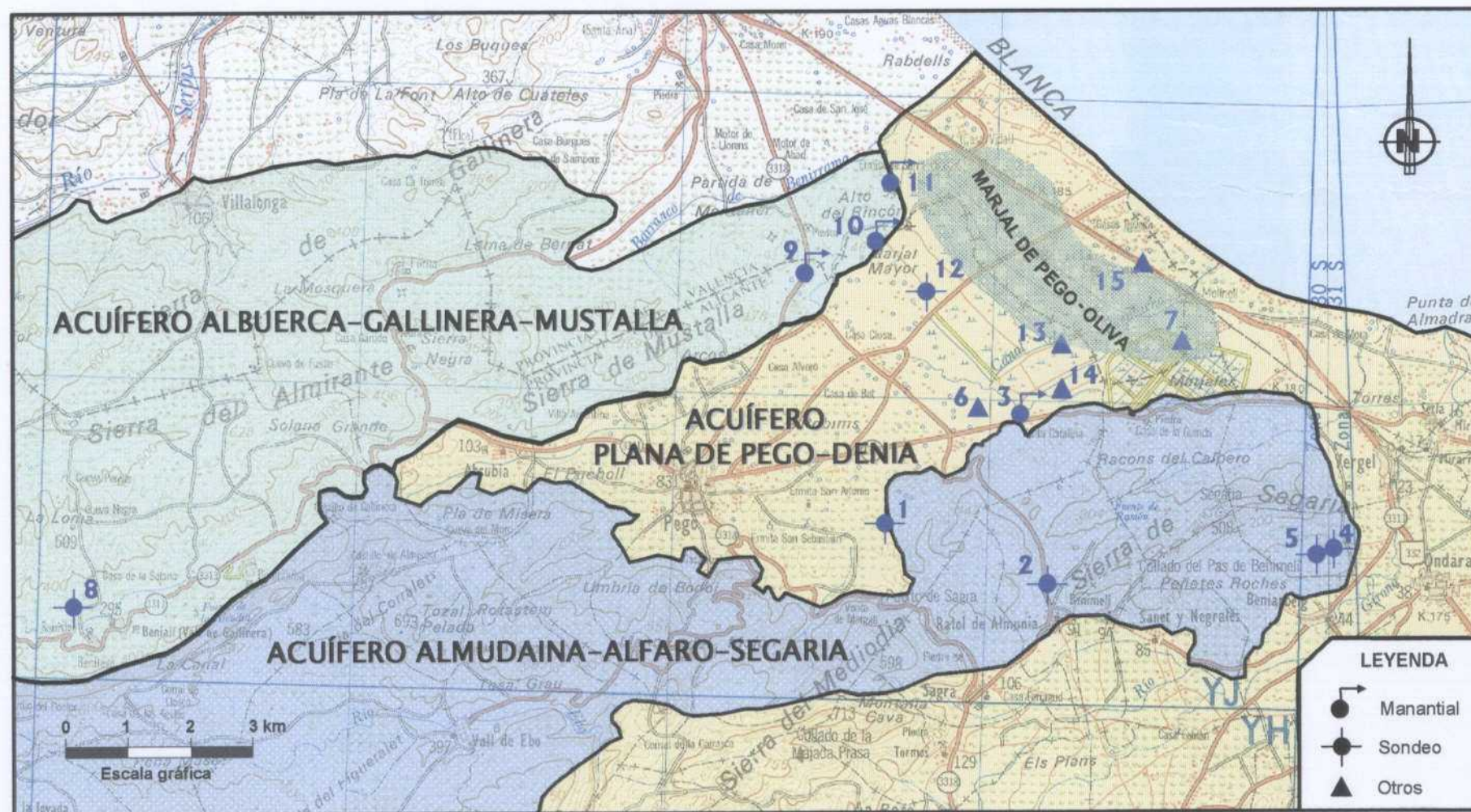


Figura 5.2.- Situación de los puntos de muestreo

seleccionadas para este estudio fueron las de Madrid-Retiro, Valencia y Murcia, cuyos promedios anuales se reflejan en la gráfica de la figura 8.12. Asimismo, en esta última se ha incluido la curva correspondiente al Hemisferio Norte complementada con datos de Madrid, y otra con los promedios anuales estimados para Cataluña, esta última según los datos facilitados por J. Trilla (Universidad Autónoma de Barcelona) recogidos en el Anexo 3. Las diferentes curvas obtenidas para las distintas estaciones en el período 1970-2001 ofrecen una apreciable coincidencia, lo que sugiere la existencia de una analogía en el contenido en tritio de las precipitaciones continentales⁹.

En la figura 8.12 se han representado también los valores máximo y mínimo de los puntos analizados –valores promedio de ambas campañas–, así como las curvas que resultan de calcular, a partir del contenido de tritio actual, las concentraciones de este isótopo en los años anteriores, tomando como referencia la hipótesis de un modelo pistón y utilizando la constante de desintegración del tritio. En concreto se han representado los valores de tres muestras: Font Salada, Finca El Rosario y Sondeo El Tarcó, que son las de menor contenido de tritio de toda la serie analizada.

Según se observa en la citada figura, la curva correspondiente a Font Salada –descarga del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla– es la única que no corta a ninguna de las de precipitaciones hasta el año 1953 por lo que, en principio, ello indicaría que se trata de un agua recargada en esa fecha. No obstante, debe tenerse en cuenta que en el tramo correspondiente a principios de los noventa se hallan muy próximas, en cuyo caso no se trataría de un agua tan antigua, aún siéndolo más que cualquiera de las muestras restantes, circunstancia que resta verosimilitud a la hipótesis de aguas de recarga antigua. Conviene destacar a este respecto que el contenido de tritio de este manantial registrado por el IGME en diciembre de 2001, cuando su salinidad era casi cuatro veces inferior al promedio de las dos campañas de 2004 – 12.949 mg/l frente a 3.361 mg/l de T.S.D.–, fue dos veces superior al actual (5,1 U.T.), circunstancia que apunta a un proceso de mezcla con aguas de infiltración más reciente. Esto parece que confirma la hipótesis de que el bajo contenido en tritio es debido a procesos de mezcla con agua marina.

Las dos curvas restantes sí cortan con claridad las de precipitaciones durante el período 1990-94, circunstancia que sugiere que la recarga se produjo hace aproximadamente 10-15 años. Obviamente todas las muestras restantes, de mayor contenido de tritio que las anteriores, también lo hacen. Como ejemplo se ha representado la de concentración máxima –excluidas las del Cuaternario del Jalón, acuífero ajeno al área de estudio–, que corresponde a la muestra menos mineralizada del conjunto y, por tanto, la que, según sugiere el análisis de tritio, podría ser la de recarga más reciente.

En el caso de la Finca el Rosario –descarga del acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria con posible mezcla con aguas del Marjal–, el tritio registrado en diciembre del 2001 fue de 5,3 U.T., mientras que al promedio del año 2004 fue de 2,94 U.T. Si bien esta diferencia es sólo algo inferior a la de la Font Salada, en el caso de la salinidad la variación es muy inferior a la observada en esta última (promedio de 8.355 mg/l en 2004 frente a 7.208 mg/l T.S.D. en diciembre de 2001). Debe tenerse en cuenta a este respecto que el bombeo que se realiza en

⁹ A. Plata, op. cit.

	Manantial	Dist. a la costa (km)	T.S.D. (mg/l)
9	Les Aigües	4,4	817
10	El Solinar	3,2	1.457
11	Font Salada	2,5	14.003

Los valores promedio del contenido de tritio de las aguas de lluvia en las estaciones controladas por la Agencia Internacional de la Energía Atómica (IAEA) situadas en la costa del Mediterráneo español, correspondientes al período 2000-03, son los siguientes:

Estación	Tritio (U.T.)
Almería	4,3
Murcia	6,2
Valencia	7,0
Tortosa	5,1
Gerona	5,8
Mediterráneo occidental	2,3

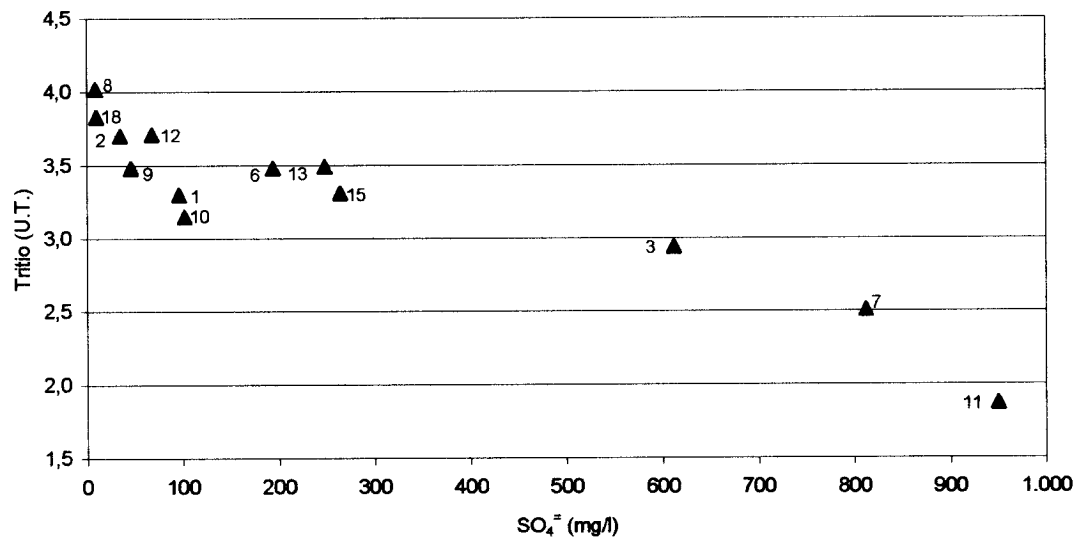
A la vista de estos valores, sólo en el caso de concentraciones de tritio muy bajas (0 – 1 U.T.) podría asegurarse que el tiempo transcurrido desde su infiltración supera los 50 años. Si las concentraciones son superiores se plantea la incertidumbre de si se trata de aguas muy recientes –del orden de 3 o 4 años– o bien de mezclas de aguas recientes y otras muy antiguas. Por otra parte, también suelen plantearse dudas en lo referente al modelo de circulación de agua que, en principio, podría asimilarse a un sistema de renovación total sin mezcla (modelo pistón), o bien a un sistema de mezcla total (modelo de renovación exponencial). En la práctica, los modelos reales pueden situarse entre ambos y llegar a alcanzar una gran complejidad, por lo que sería preciso un conocimiento muy preciso de la hidrodinámica del sistema para establecer el modelo más adecuado, y así lograr que la datación con tritio fuese más precisa. No obstante, los datos en el presente caso parecen inclinarse hacia el modelo de mezcla total.

El contenido de tritio en las precipitaciones ha sido estudiado a partir de los datos recopilados a mediante una extensa red de estaciones distribuidas por todo del mundo, si bien son más numerosas las situadas en el hemisferio norte. Con los datos de esta red de estaciones se ha elaborado una curva general de distribución del contenido en tritio en dicho hemisferio⁷. Por otra parte, se han utilizado datos procedentes de las estaciones de seguimiento del contenido isotópico del agua de lluvia de la red europea de la IAEA⁸, concretamente de las situadas en la Península Ibérica, cuya situación se refleja en el plano recogido en el Anexo 3. Las

⁷ A. Plata. *Concentración de tritio en las precipitaciones del globo a partir del año 1953. Características general y modelo de distribución*. Curso de Isótopos en el Agua. CEDEX

⁸ IAEA/WNO (2004) Global Network of Isotopes in Precipitation. The GNIP Database (accesible a través de: <http://isohis.iaea.org>)

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004



CAMPAÑA SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2004

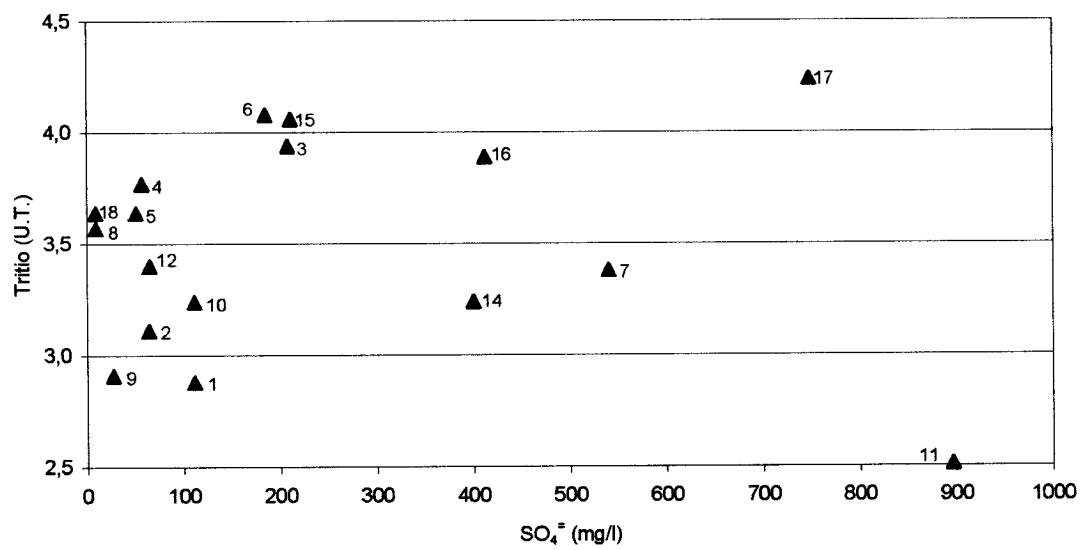


FIGURA 8.11.- Relación tritio vs. $SO_4^{=}$

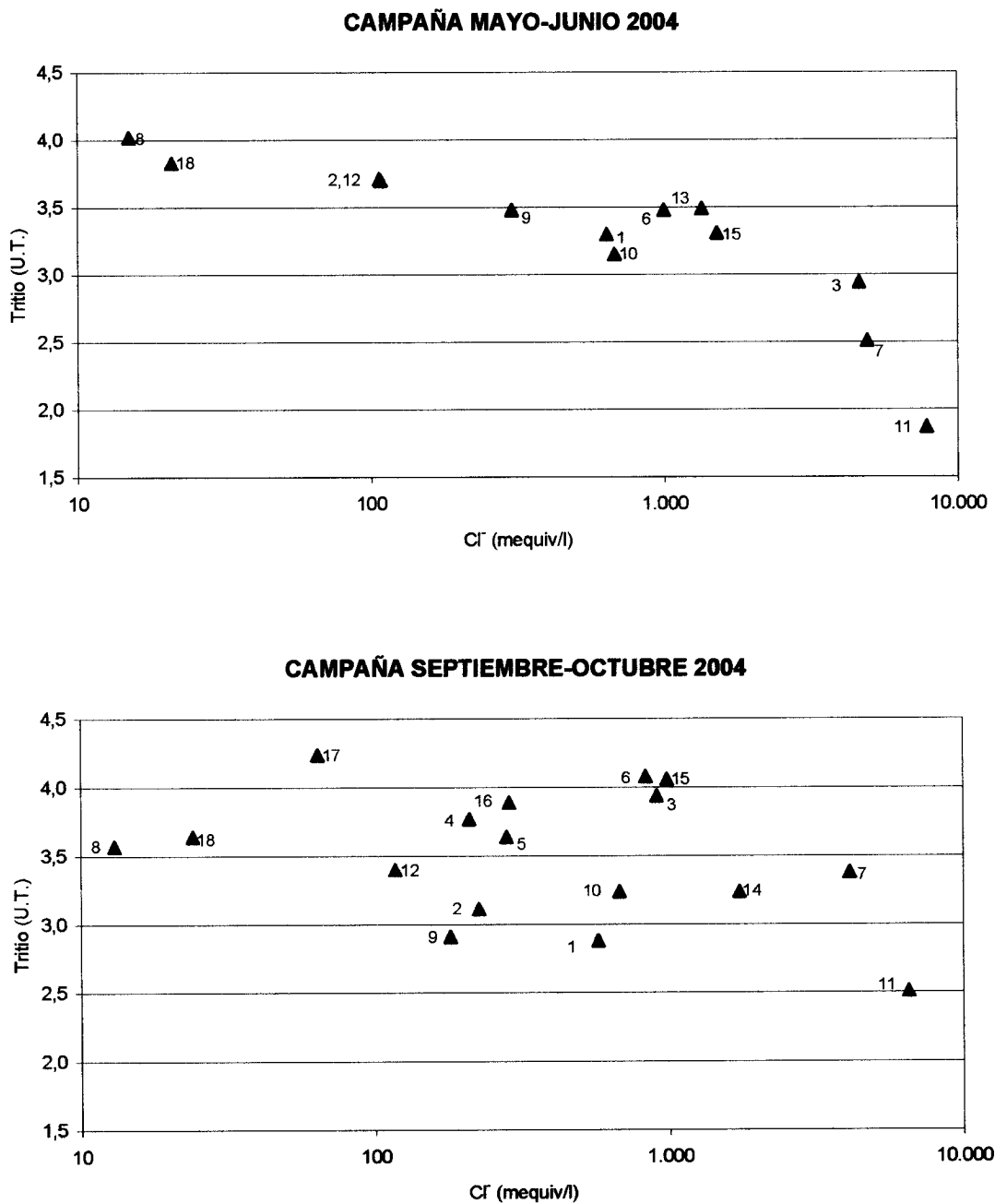


FIGURA 8.10.- Relación tritio vs. Cl⁻

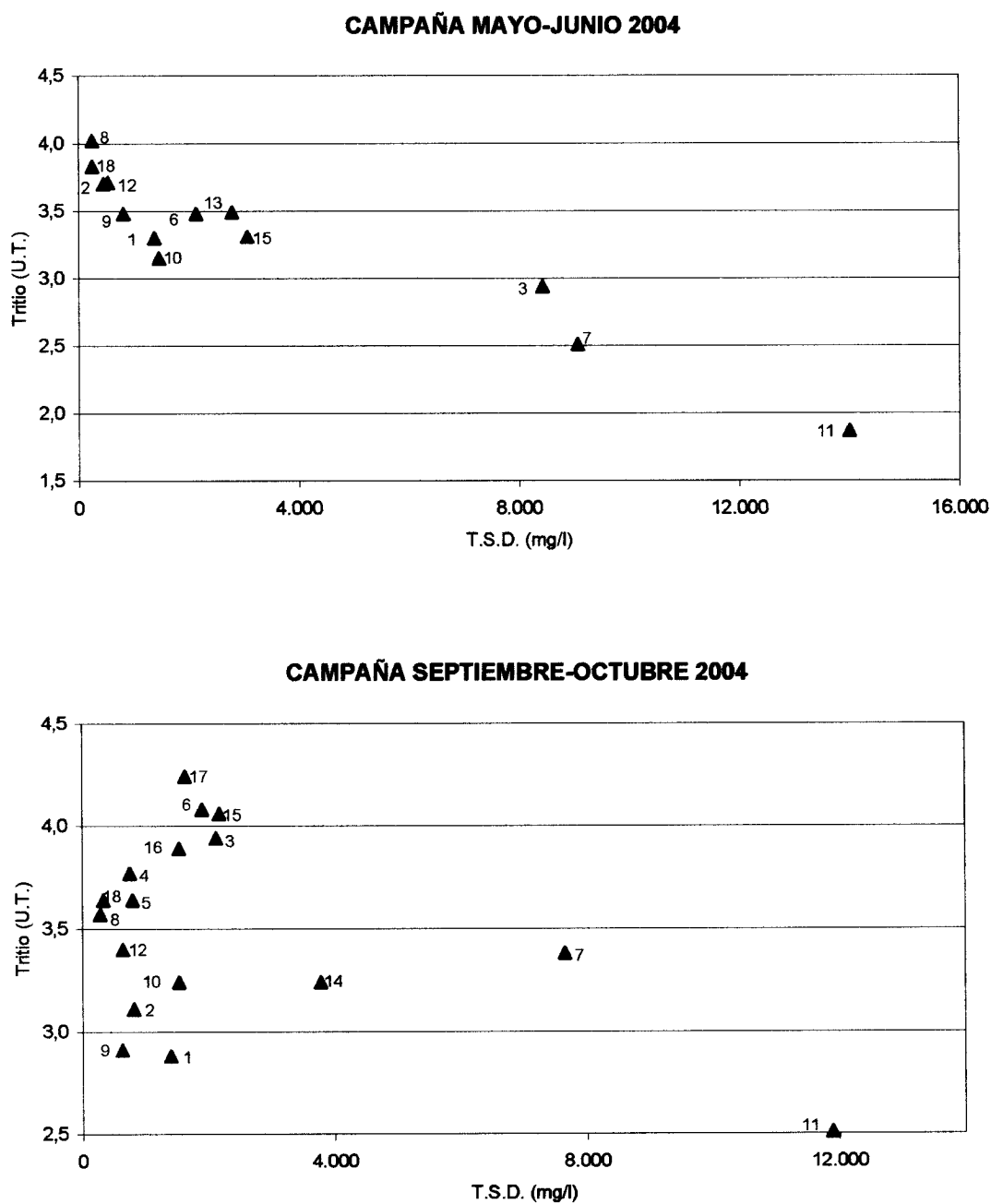


FIGURA 8.9.- Relación tritio vs. T.S.D.

6. RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

8.2 ANÁLISIS DE TRITIO

La técnica de datación de las aguas subterráneas basada en el análisis de su contenido en tritio ha sido empleada con asiduidad durante las últimas décadas. Su utilización se basa en la acumulación de este isótopo en la atmósfera como consecuencia de las pruebas nucleares que tuvieron lugar principalmente en los años cincuenta y sesenta, y su consiguiente presencia en las aguas de precipitación, así como en el conocimiento del proceso de desintegración radiactiva del mismo, cuyo período de semidesintegración –tiempo que tarda en reducirse a la mitad su concentración– es de 12,5 años.

Los resultados de los análisis de tritio realizados en las muestras recogidas en ambas campañas, así como las variaciones y los valores promedio de las mismas, se reflejan en la tabla 8.3. Estos resultados indican un rango de 1,87-4,02 U.T. en la primera campaña, y de 2,51-4,08 (excluida la muestra nº 17 del Cuaternario del Jalón) en la segunda, de los que resulta un rango de valores promedio de 2,19-3,80 U.T. entre ambas (excluidas las muestras del Cuaternario del Jalón). Según se indica en la figura 8.9, en ambas la muestra de Font Salada –la más mineralizada– es la de menor contenido de tritio, es decir, la más antigua. Por el contrario, el contenido promedio más elevado de tritio entre las muestras pertenecientes a los acuíferos en estudio corresponde a la nº 8 (Sondeo La Solana), la menos mineralizada del conjunto, perteneciente al acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla.

Este resultado es similar al obtenido mediante los índices geoquímicos en la medida que, además de una relación inversa entre ambos parámetros –a mayor salinidad menos concentración de tritio–, se establece una diferenciación entre el grupo de las muestras nos 3, 7 y 11 y el resto. Las figuras 8.10 y 8.11 ofrecen resultados similares. Una mezcla con agua marina (de escaso contenido de ^3H) también provocaría un descenso de este en los manantiales. Según esto, el tritio debe ser mayor en otoño en los manantiales salinos, que en primavera.

El hecho de que la muestra de Font Salada sea la de mayor tiempo de tránsito –según el contenido de ^3H – y, simultáneamente, la de mayor contenido salino, apunta hacia la hipótesis –hasta ahora la más plausible– de que la aportación de sales se origine como consecuencia de un proceso de intrusión marina, en cuyo caso ambas circunstancias podrían atribuirse a una circulación originada en niveles más profundos de la interfase agua dulce-agua salada, donde la salinidad es más elevada. Por otra parte, conviene señalar que en el amplio estudio de este acuífero realizado por A. Pulido Bosch⁶, se atribuye el termalismo de este manantial precisamente a una circulación más profunda. Dicho estudio justifica también la hipótesis de la intrusión marina en el hecho de que el grado de mineralización de los manantiales de Font Salada, El Solinar y Les Aigües, varíe en razón inversa a su distancia a la costa, al igual que ocurre en la actualidad:

⁶ Pulido Bosch, A. (1979) *Contribución al conocimiento de la hidrogeología del Prebético Nororiental (provincias de Valencia y Alicante)*. Memoria del Instituto Geológico y Minero de España pp. 246-248

Nº orden	Nº Inventario	Identificación	Acuífero	Cota (m)	Mayo-junio		Septiembre-octubre		Cota recarga según $\delta^{18}\text{O}$ (m.s.n.m.)			Cota recarga según $\delta^2\text{H}$ (m.s.n.m.)			Valor medio de ambos promedios
					$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	MAY-JUN04	SEP-OCTO4	Promedio	MAY-JUN04	SEP-OCTO4	Promedio	
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	50	-5,69	-31,0	-6,03	-31,2	243	410	327	359	369	364	345
2	303220016	S. El Salvador	AAS	110	-5,57	-30,4	-6,03	-31,3	184	410	297	327	376	352	324
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	4	-4,81	-26,1	-5,23	-28,5	-192	17	-87	96	221	159	36
4	303220025	Segaria Bajo (pozo Moret)	AAS	40	-	-	-6,10	-34,2	-	446	446	-	534	534	490
5	303220026	Segaria Alto (pozo Perla)	AAS	44	-	-	-6,16	-34,0	-	473	473	-	522	522	498
6	E-12	Riu Racons	AAS-PD	5	-6,43	-36,2	-6,31	-36,1	609	549	579	639	632	635	607
7	E-16	Finca El Rosario	AAS-PD	-2	-4,43	-29,6	-4,71	-27,2	-380	-239	-309	282	152	217	-46
8	293240002	S. La Solana	AGM	290	-6,30	-33,9	-7,12	-40,2	544	951	747	513	854	683	715
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	10	-6,73	-36,9	-6,63	-37,7	755	707	731	676	721	698	714
10	E-6	M. El Solinar	AGM	10	-6,59	-36,5	-6,48	-36,7	688	632	660	654	666	660	660
11	303160001	Font Salada	AGM	6	-4,28	-23,1	-4,47	-25,0	-455	-359	-407	-70	35	-17	-212
12	U.B.	Ullal de Bullent	PD	3	-6,67	-36,6	-6,85	-38,3	729	817	773	660	750	705	739
13	M.M.1.	Muestra Marjal-1	PD	2	-4,62	-26,8	-	-	-286	-	-286	132	-	132	-77
14	M.M.2	Muestra Marjal 2	PD	3	-	-	-2,47	-17,5	-	-1.349	-1.349	-	-370	-370	-860
15	E-10	Canal del Barranquet	PD	4	-4,94	-29,3	-5,06	-30,0	-127	-71	-99	269	307	288	95
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	211	-5,44	-31,3	-5,71	-32,3	119	255	187	374	430	402	294
17	303260054	C.R. Alcalali-Jalón	CJ	210	-	-	-5,92	-34,0	-	358	358	-	519	519	439
18	303220058	S. La Bolata	M	103	-6,14	-32,0	-6,67	-37,4	466	730	598	411	706	558	578

AAS = Almudaina-Alfaro-Segaria
AGM = Albuerca-Gallinera-Mustalla
M = Mediodía
PD = Plana de Pego-Denia
CJ = Cuaternario de Jalón

Tabla 8.2.- Estimación de cotas a partir del contenido de ^{18}O y ^2H

Código estación	Nombre estación	Localidad	Provincia	Coordenadas		Huso	Cota (m)	Dist. a la costa (km)
				Longitud	Latitud			
8043	Benissa Convento	Benissa	Alicante	00°02'32"	38°43'09"	31	210	7,2
8048E	Gata de Gorgos	Gata de Gorgos	Alicante	00°05'43"	38°46'30"	31	50	7,5
8051I	Pedreguer	Pedreguer	Alicante	00°01'43"	38°48'00"	31	80	7,3
8051U	Denia H S	Denia	Alicante	00°05'43"	38°50'20"	31	15	1,3
8054	Vall de Laguart - Fontilles	Vall de Laguart	Alicante	00°05'17"	38°46'30"	30	250	12,8
8054O	Tormos	Tormos	Alicante	00°03'17"	38°48'00"	30	110	8,6
8056	El Verger - Racons	Verger	Alicante	00°00'43"	38°50'30"	31	21	2,9
8056C	Alpatró Cooperativa Agrícola	Alpatró	Alicante	00°15'37"	38°49'10"	30	430	19,4
8057A	Pego Convento	Pego	Alicante	00°07'17"	38°50'30"	30	82	8,8
8058A	Oliva S E Agraria	Oliva	Valencia	00°07'20"	38°55'15"	30	20	2,5
8058C	Oliva Ayuntamiento	Oliva	Valencia	00°05'45"	38°55'37"	30	5	0,4
8058O	La Font d'en Carros	La Font d'en Carros	Valencia	00°10'07"	38°55'01"	30	77	5,9
8063	Gorga	Gorga	Alicante	00°21'17"	38°43'20"	30	545	32,7
8066	Almudaina	Almudaina	Alicante	00°21'17"	38°45'42"	30	586	29,5
8067	Pantano de Beniarrés	Beniarrés	Alicante	00°21'17"	38°49'00"	30	296	25,4
8068I	Villalonga Cooperativa	Villalonga	Valencia	00°12'28"	38°53'17"	30	95	10,8

Tabla 6.1. Relación de estaciones meteorológicas seleccionadas

Código estación	Nombre estación	Localidad	Nº meses con datos	Precipitación (l/m ²)		
				Total	Máxima diaria	Días de lluvia
8043	Benissa Convento	Benissa	12	799,2	82,5	83
8048E	Gata de Gorgos	Gata de Gorgos	11	848,9	110,0	58
8051I	Pedreguer	Pedreguer	12	1.023,0	104,0	52
8051U	Denia H S	Denia	12	1.271,5	90,0	43
8054	Vall de Laguart - Fontilles	Vall de Laguart	9	621,0	105,0	32
8054O	Tormos	Tormos	8	610,2	23,0	6
8056	El Verger - Racons	Verger	9	923,0	73,0	37
8056C	Alpatró Cooperativa Agrícola	Alpatró	12	1.178,8	115,3	71
8057A	Pego Convento	Pego	12	1.363,8	179,0	62
8058A	Oliva S E Agraria	Oliva	12	1.003,4	96,0	36
8058C	Oliva Ayuntamiento	Oliva	12	902,0	85,0	77
8058O	La Font d'en Carros	La Font d'en Carros	11	1.188,5	146,0	45
8063	Gorga	Gorga	10	908,0	100,0	50
8066	Almudaina	Almudaina	12	1.477,9	185,2	62
8067	Pantano de Beniarrés	Beniarrés	11	1.202,2	173,2	91
8068I	Villalonga Cooperativa	Villalonga	12	1.254,4	101,6	65

Tabla 6.2. Precipitaciones anuales

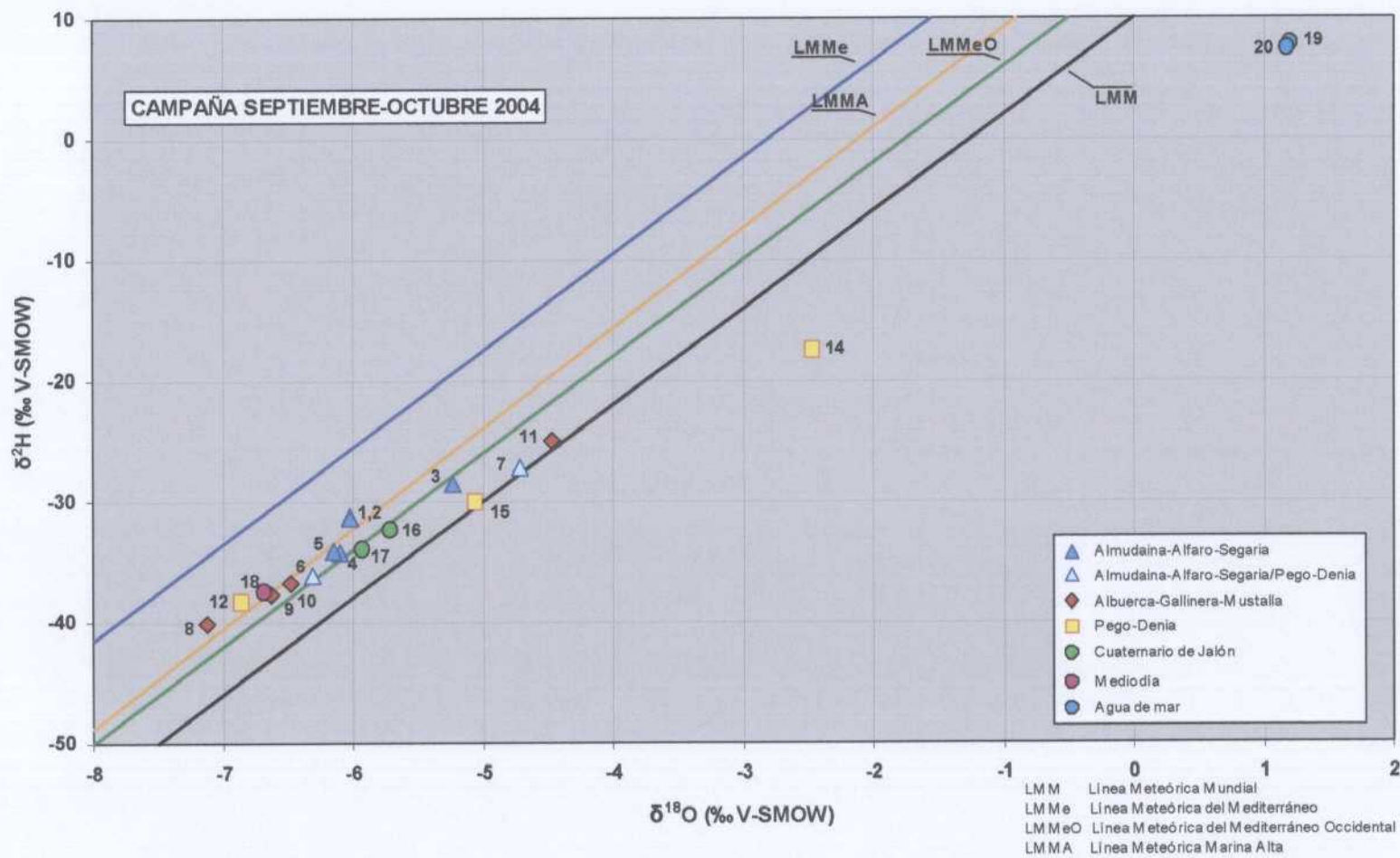


Figura 8.6. Relación ^{18}O vs. ^2H con especificación de acuífero (campaña septiembre-octubre)

7. CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Los resultados de la segunda campaña (figura 8.2) conducen a conclusiones similares, si bien es importante destacar la fuerte deriva hacia valores más positivos de ^{18}O de la muestra nº 15 recogida, como la nº 13 de la primera campaña, en la lámina de agua del Marjal, cerca del límite con la subunidad de Segaria. Tal deriva apunta a la influencia de agua de mar, si bien debe tenerse en cuenta que al tratarse de una muestra superficial expuesta a la evaporación, podría haber experimentado por esta causa un enriquecimiento en los isótopos más pesados.

Las figuras 8.5 y 8.6 son idénticas a las dos primeras salvo que, en estas últimas, el símbolo de cada punto identifica al acuífero al que pertenece. Dichas figuras evidencian que la salinidad de las muestras prevalece sobre el propio acuífero de origen a la hora de fijar su ubicación en estas gráficas. Resulta particularmente ilustrativa a este respecto la posición de la muestra nº 12 (sondeo surgente Ullal de Bullent), la cual difiere notablemente de las restantes de este acuífero –su calidad es notablemente superior– debido, precisamente, a que el agua procedente del detrítico del Marjal que capta este sondeo es ajena a la influencia salina que aquéllas evidencian. Ello podría interpretarse como una consecuencia de la menor velocidad de progresión del fenómeno de la intrusión en un medio poroso como el del citado acuífero detrítico, respecto a la que se produce en un medio fisurado como el de los acuíferos carbonatados.

En lo relativo a las muestras de los manantiales nº 21 a 30 representativas de las precipitaciones de la zona, en las figs. 8.7 y 8.8 se representan las gráficas ^{18}O vs. ^2H correspondientes a las recogidas en sendas campañas, cuyas cotas de recarga son las siguientes:

Nº orden	Nº registro	Denominación	Cota recarga (m.s.n.m.)
21	F.M.A.	Font de Mortits Alto	250
22	F.M.B.	Font de Mortits Bajo	250
23	293280009	Font de Espelda	700
24	293280033	Fuente Nueva	900
25	293230021	Font d'els Petits	825
26	293280016	Fuente del Espíritu Santo	900
27	293240011	Manantial Beniaya	710
28	293230016	Font Vella (Tollos)	800
29	293270028	Serrella	1.200
30	293340012	La Forata (Sierra Aitana)	1.460

Las ecuaciones de ajuste obtenidas son las siguientes:

OXÍGENO-18

$$y = -494,16\delta^{18}\text{O} - 2568,78$$

$$R^2 = 0,85$$

DEUTERIO

$$y = -53,94\delta^2\text{H} - 1313,55$$

$$R^2 = 0,74$$

Según estas ecuaciones, la variación cada 100 m de altitud resulta del orden de -0,20 ‰ para $\delta^{18}\text{O}$, y de -1,85 ‰ para $\delta^2\text{H}$. Las cotas obtenidas de su aplicación a los contenidos isotópicos de las muestras del área de estudio se reflejan en la tabla 8.2.

Caracterización Isotópica de la Línea Meteorica Local y de los Acuíferos de la Marina Alta (Alicante)

Capítulo 7. Caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas

Nº de orden	Nº Inventario	Toponimia	Acuífero	UTM		Cota (m)	Determ. <i>in situ</i> mayo-junio			Determ. <i>in situ</i> septiembre-octubre		
				X	Y		T° (°C)	pH	Conduct. (µS/cm)	T° (°C)	pH	Conduct. (µS/cm)
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	753420	4302922	50	18,3	7,72	1.730	18,6	7,47	1.646
2	303220016	S. El Salvador	AAS	755884	4302020	110	23,1	7,98	757	19,4	7,73	1.049
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	755520	4304800	4	21,6	7,66	7.260	20,5	7,75	2.980
4	303220025	Segaria Bajo (pozo Moret)	AAS	760340	4302720	40	-	-	-	18,3	7,49	1.057
5	303220026	Segaria Alto (pozo Perla)	AAS	760140	4302590	44	-	-	-	18,6	7,54	922
6	E-12	Riu Racons	AAS-PD	754773	4304890	5	18,4	7,69	3.000	19,0	7,68	2.690
7	E-16	Finca El Rosario	AAS-PD	758020	4306032	-2	22,5	7,78	7.790	20,7	7,77	6.730
8	293240002	S. La Solana	AGM	740708	4301127	290	17,4	7,88	346	17,1	7,86	379
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	751980	4307112	10	18,2	7,20	1.105	18,7	7,53	820
10	E-6	M. El Solinar	AGM	753123	4307592	10	18,7	7,78	3.680	17,8	7,90	1.888
11	303160001	Font Salada	AGM	753420	4308582	6	24,4	7,39	7.880	25,6	7,45	7.900
12	U.B.	Ullal de Bullent	PD	753955	4306833	3	18,0	7,49	764	18,1	7,43	794
13	M.M.1.	Muestra Marjal-1	PD	756090	4305895	2	24,0	7,74	3.540	-	-	-
14	M.M.2	Muestra Marjal 2	PD	756144	4305145	3	-	-	-	23,4	7,90	4.370
15	E-10	Canal del Barranquet	PD	757419	4307265	4	23,7	7,78	3.880	18,7	7,73	3.070
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	757000	4292908	211	17,8	7,18	1.460	17,7	7,31	1.649
17	303260054	C.R. Alcalali-Jalón	CJ	757240	4292736	210	-	-	-	19,3	7,00	1.505
18	303220058	S. La Bolata	M	754771	4299561	103	18,0	7,66	380	18,2	7,45	388
19	MM-1	Agua de mar	-	775200	4308380	-2	-	-	-	-	-	-
20	MM-2	Agua de mar	-	772000	4307300	-25	-	-	-	-	-	-
21	F.M.A.	Font de Mortits Alto	-	754735	4301555	180	22,2	7,40	418	-	-	-
22	F.M.B.	Font de Mortits Bajo	-	754698	4301553	170	-	-	-	-	-	-
23	293280009	Font de Espelda	-	743700	4293160	700	15,9	7,20	516	-	-	-
24	293280033	Fte. Nueva	-	739490	4290720	710	13,5	8,02	555	-	-	-
25	293230021	Font d'els Petits	-	736615	4293320	760	13,3	7,46	425	-	-	-
26	293280016	Fte. Espíritu Santo	-	737700	4290090	760	14,1	7,19	773	-	-	-
27	293240011	-	-	737125	4295050	680	-	-	-	-	-	-
28	293230016	-	-	736677	4293291	750	-	-	-	-	-	-
29	293270028	-	-	736061	4288729	1.110	-	-	-	-	-	-
30	293340012	-	-	738296	4282054	1.380	-	-	-	-	-	-

AAS: Almudaina-Alfaro-Segaria

AAS-PD: Almudaina-Alfaro-Segaria - Pego-Denia

AGM: Albuera-Gallinera-Mustalla

PD: Pego-Denia

CJ: Cuaternario de Jalón

M: Mediodía

Tabla 7.1. Relación de puntos de muestreo y determinaciones *in situ* de las campañas mayo-junio y septiembre-octubre de 2004

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004

Nº orden	Nº inventario	Toponimia	Acuífero	pH	Conduc. (µS/cm)	Análisis químicos en mg/l																				
						Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	NO ₃ ⁻	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	SiO ₂	B	F ⁻	Li ⁺	Br ⁻	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Sr ²⁺	T.S.D.
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	7,7	2.345	636	96	171	0	31	181	55	192	7	0	0	0	6,2	-	0	0	1,82	0	0	0,0	1.377,0
2	303220016	S. El Salvador	AAS	7,8	689	108	35	149	0	30	43	18	60	1	0	0,12	0	6,8	-	0	0	0,253	0	0	0,0	451,2
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	7,1	14.205	4.600	612	189	0	31	2.325	280	276	81	0	0	0,25	14,9	-	0	0	15,35	0	0	3,3	8.427,8
6	E-12	Riu Racons	AAS - PPD	7,4	3.705	996	194	200	0	35	457	74	156	14	0	0	0	7	-	0	0	3,104	0	0	1,0	2.137,1
7	E-16	Finca El Rosario	AAS - PPD	7,2	16.295	4.900	812	229	0	14	2.140	424	416	101	0	0	0	8	-	0	0	15,72	0	0	3,7	9.063,4
8	293240002	S. La Solana	AGM	7,8	323	15	9	149	0	6	6	10	44	0	0	0	8,2	-	0	0	0,027	0	0	0,0	247,2	
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	7,6	1.216	302	46	172	0	46	130	33	74	6	0	0	0	7	-	0	0	0,9	0	0	0,0	816,9
10	E-6	M. El Solinar	AGM	7,6	2.345	676	102	164	0	19	344	45	88	10	0	0	0	6,8	-	0	0	1,904	0	0	0,6	1.457,3
11	303160001	Font Salada	AGM	7,3	22.688	7.800	950	169	0	26	4.080	400	380	160	0	0	0	10,1	-	0	0,08	22,36	0	0	5,4	14.002,9
12	U.B.	Ullal de Bullent	PPD	7,5	777	107	68	153	0	56	44	23	73	3	0	0	0	8,6	-	0	0	0,271	0	0	0,0	535,9
13	M.M.1.	Muestra Marjal-1	PPD	7,4	4.465	1.340	248	255	0	14	540	94	266	20	0	0	0	5,9	-	0	0	4,607	0	0	1,3	2.788,8
15	E-10	Canal del Barranquet	PPD	7,4	4.945	1.510	264	232	0	7	769	96	154	25	0	0	0	4,8	-	0	0	4,633	0	0	1,3	3.067,7
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	7,2	1.543	227	344	330	0	23	119	39	206	3	0	0,1	0	9,9	0,096	-	0	0,544	-	-	1,4	1.303,0
18	303220058	S. La Bolata	M	7,7	373	21	10	143	0	5	9	7	46	0	0	0	0	5,6	-	0	0	0,035	0	0	0,0	246,6
21	F.M.	Font de Mortits Alto	-	7,6	404	29	18	198	0	4	10	6	76	0	0	0	0	5,6	0	-	0	0,041	-	-	0,0	346,6
23	293280009	Font de Espelda	-	7,3	434	19	16	249	0	0	7	6	88	2	0	0	0	8	0	-	0	0,036	-	-	0,0	395,0
24	293280033	Fte. Nueva	-	7,4	454	20	34	221	0	11	7	9	86	0	0	0	0	33,1	0	-	0	0,041	-	-	0,6	421,7
25	293230021	Font d'els Petits	-	7,5	399	16	7	245	0	1	9	6	80	0	0	0	0	21	0	-	0	0,024	-	-	0,0	385,0
26	293280016	Fte. Espíritu Santo	-	7,2	768	30	104	350	0	33	9	16	144	2	0	0	0	28,6	0	-	0	0,042	-	-	0,9	717,5

CAMPAÑA SEPTIEMBRE OCTUBRE 2004

Nº orden	Nº inventario	Toponimia	Acuífero	pH	Conduc. (µS/cm)	Análisis químicos en mg/l																					
						Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	NO ₃ ⁻	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	SiO ₂	B	F ⁻	Li ⁺	Br ⁻	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Sr ²⁺	T.S.D.	
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	7,8	2.265	572	111	225	0	47	215	44	172	7	0	0	0	6,6	0,171	0	0	1,903	0	0	-	1.402	
2	303220016	S. El Salvador	AAS	7,9	1.112	225	64	223	0	42	114	25	111	3	0	0	0	7,8	0,093	0	0	0,773	0	0	-	816	
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	7,7	3.645	908	208	253	0	48	468	68	148	15	0	0	0	6,6	0,167	0	0	2,62	0	0	-	2.125	
4	303220025	Segaria Bajo (pozo Moret)	AAS	7,7	998	209	57	220	0	31	102	29	99	2	0	0	0	7,4	0	0	0	0,598	0	0	-	757	
5	303220026	Segaria Alto (pozo Perla)	AAS	7,8	1.126	280	51	191	0	23	124	23	98	2	0	0	0	6,3	0	0	0	0,767	0	0	-	799	
6	E-12	Riu Racons	AAS - PPD	7,6	3.245	832	185	212	0	30	445	57	122	13	0	0	0	7,3	0,164	0	0	2,403	0	0	-	1.906	
7	E-16	Finca El Rosario	AAS - PPD	7,5	11.995	4.100	540	256	0	20	2.179	201	264	72	0	0	0	7,5	0,722	0	0	11,17	0	0	-	7.651	
8	293240002	S. La Solana	AGM	8,1	330	13	9	173	0	15	6	11	48	0	0	0	0	8,8	0	0	0	0,029	0	0	-	284	
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	7,7	854	180	27	200	0	21	97	22	71	4	0	0	0	7	0	0	0	0,501	0	0	-	630	
10	E-6	M. El Solinar	AGM	7,8	2.565	676	111	187	0	15	377	44	101	13	0	0	0	6,7	0,121	0	0	2,059	0	0	-	1.533	
11	303160001	Font Salada	AGM	7,4	20.595	6.500	896	171	0	23	3.458	350	336	125	0	0	0	9,3	1,31	0	-	19,73	-	-	-	11.889	
12	U.B.	Ullal de Bullent	PPD	7,7	821	117	65	207	0	72	52	21	99	3	0	0	0	8,3	0	0	0	0,33	0	0	-	645	
14	M.M.2	Muestra Marjal 2	PPD	7,3	6.225	1.730	400	300	0	5	936	114	224	38	2	0	0,15	25,4	0,25	0	0	5,645	0	0	-	3.780	
15	E-10	Canal del Barranquet	PPD	7,5	3.815	984	211	228	0	23	499	69	134	19	0	0	0	8	0,23	0	0	3,118	0	0	-	2.178	
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	7,4	1.908	286	412	362	0	22	155	58	224	7	0	0	0	10,5	0,201	0	0	0,766	0	0	-	1.537	
17	303260054	C.R. Alcalali-Jalón	CJ	7,3	1.720	64	748	338	0	39	21	45	370	0	0	0	0	11,6	0,061	0	0	-	0	0	-	1.637	
18	303220058	S. La Bolata	M	7,8	379	24	9	202	0	9	11	10	65	1	0	0	0	5,4	0	0	0	0,057	0	0	-	336	
19	MM-1	Agua de mar	-	8,1	69.961	22.800	3.040	69	0	0,0	11.457	1.620	536	423	8,1	0	0,33	0,1	4,66	0,721	-	-	76,58	-	-	-	40.035
20	MM-2	Agua de mar	-	8,1	68.561	22.300	3.160	64	0	0,0	11.526	1.600	456	418	8,1	0	0,35	0,1	4,66	0,721	-	-	79,03	-	-	-	39.617
22	F.M.B.	Font de Mortits Bajo	-	7,9	650	27	87	192	0	1	13	19	77	0	7,9	0	0	8,1	0	0	0	0,081	0	0	-	432	
27	293240011	-	-	8	430	10	9	237	0	6	6	5	78	2	8	0	0,1	13	0	0	0	0,033	0	0	-	374	
28	293230016	-	-	8	413	9	7	197	0	2	8	5	62	0	8	0	0	19,9	0	0	0	0,034	0	0	-	318	
29	293270028	-	-	8,6	219	9	5	110	3,6	3	6	2	40	0	8	0	0	4,3	0	0	0	0,027	0	0	-	191	
30	293340012	-	-	8	203	12	5	103	0	1	4	1	39	0	8,6	0	0	2,5	0	0	0	0,027	0	0	-	176	

Tabla 7.2.- Análisis químicos de las muestras recogidas en ambas campañas de muestreo

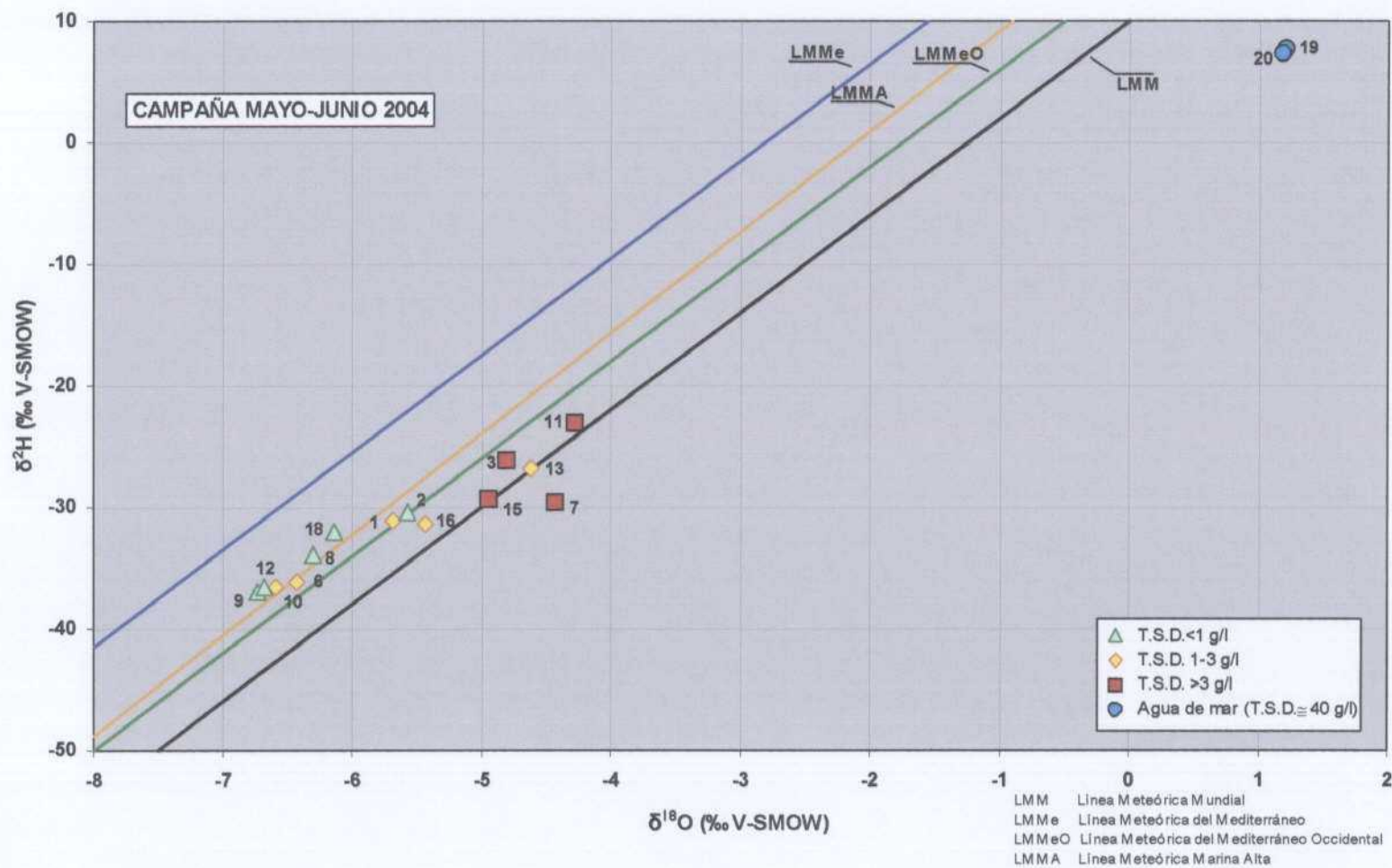


Figura 8.2. Relación ¹⁸O vs. ²H con especificación de salinidad (campana mayo-junio)

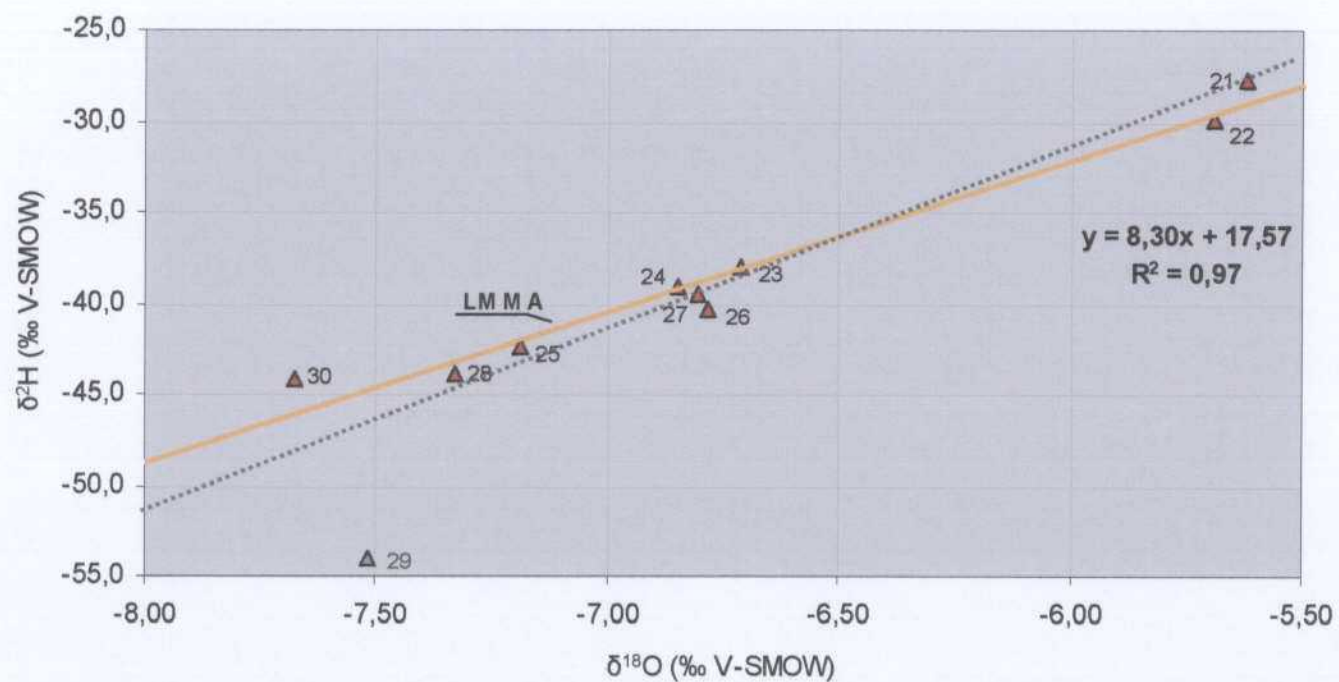


Figura 8.1. Determinación de la Línea Meteorica Local de la Marina Alta (LMMA) mediante los valores de la relación ^{18}O vs. ^2H en las muestras representativas de las precipitaciones (se ha excluido la muestra 29 debido a su falta de representatividad, si bien se refleja mediante una línea gris punteada la recta que se obtendría si se hubiese considerado dicha muestra)

Nº orden	Nº Inventario	Identificación	Acuífero	Cota (m)	Mayo-junio		Septiembre-octubre	
					$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	50	-5,69	-31,0	-6,03	-31,2
2	303220016	S. El Salvador	AAS	110	-5,57	-30,4	-6,03	-31,3
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	4	-4,81	-26,1	-5,23	-28,5
4	303220025	Segaria Bajo (pozo Moret)	AAS	40	-	-	-6,10	-34,2
5	303220026	Segaria Alto (pozo Perla)	AAS	44	-	-	-6,16	-34,0
6	E-12	Riu Racons	AAS-PD	5	-6,43	-36,2	-6,31	-36,1
7	E-16	Finca El Rosario	AAS-PD	-2	-4,43	-29,6	-4,71	-27,2
8	293240002	S. La Solana	AGM	290	-6,30	-33,9	-7,12	-40,2
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	10	-6,73	-36,9	-6,63	-37,7
10	E-6	M. El Solinar	AGM	10	-6,59	-36,5	-6,48	-36,7
11	303160001	Font Salada	AGM	6	-4,28	-23,1	-4,47	-25,0
12	U.B.	Ullal de Bullent	PD	3	-6,67	-36,6	-6,85	-38,3
13	M.M.1.	Muestra Marjal-1	PD	2	-4,62	-26,8	-	-
14	M.M.2	Muestra Marjal 2	PD	3	-	-	-2,47	-17,5
15	E-10	Canal del Barranquet	PD	4	-4,94	-29,3	-5,06	-30,0
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	211	-5,44	-31,3	-5,71	-32,3
17	303260054	C.R. Alcalali-Jalón	CJ	210	-	-	-5,92	-34,0
18	303220058	S. La Bolata	M	103	-6,14	-32,0	-6,67	-37,4
19	MM-1	Agua de mar	-	-2	-	-	1,21	7,8
20	MM-2	Agua de mar	-	-25	-	-	1,19	7,4
21	F.M.A.	Font de Mortits Alto	-	180	-5,62	-27,7	-	-
22	F.M.B.	Font de Mortits Bajo	-	170	-	-	-5,69	-29,9
23	293280009	Font de Espelda	-	700	-6,71	-38,1	-	-
24	293280033	Fte. Nueva	-	710	-6,85	-39,1	-	-
25	293230021	Font d'els Petits	-	760	-7,19	-42,4	-	-
26	293280016	Fte. Espíritu Santo	-	760	-6,78	-40,3	-	-
27	293240011	-	-	680	-	-	-6,80	-39,6
28	293230016	-	-	750	-	-	-7,33	-43,9
29	293270028	-	-	1.110	-	-	-7,51	-54,1
30	293340012	-	-	1.380	-	-	-7,67	-44,1

AAS = Almudaina-Alfaro-Segaria
 AGM = Albuera-Gallinera-Mustalla
 M = Mediodía
 PD = Plana de Pego-Denia
 CJ = Cuaternario de Jalón

Tabla 8.1. Análisis de ^{18}O y ^2H

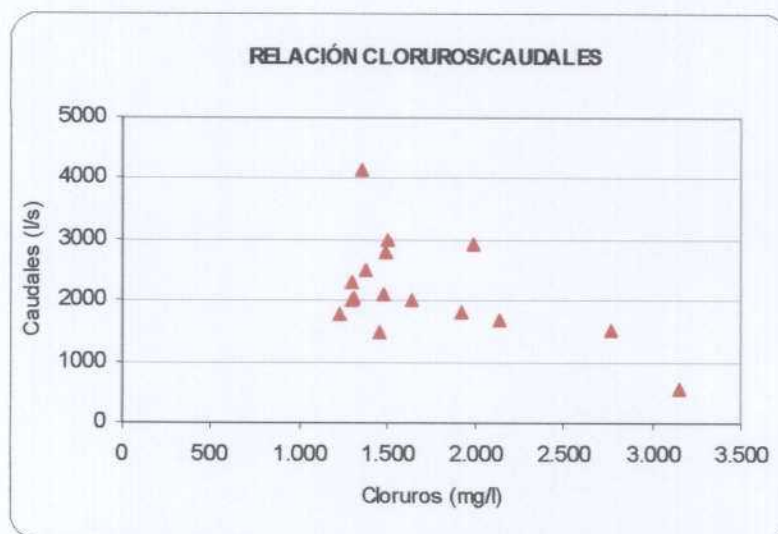


Figura 7.3. Evolución cloruros vs. caudales en el Río Bullens

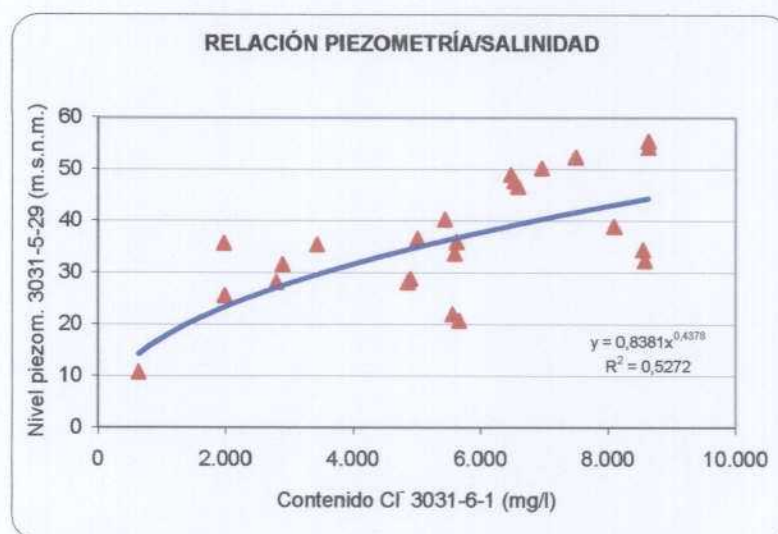
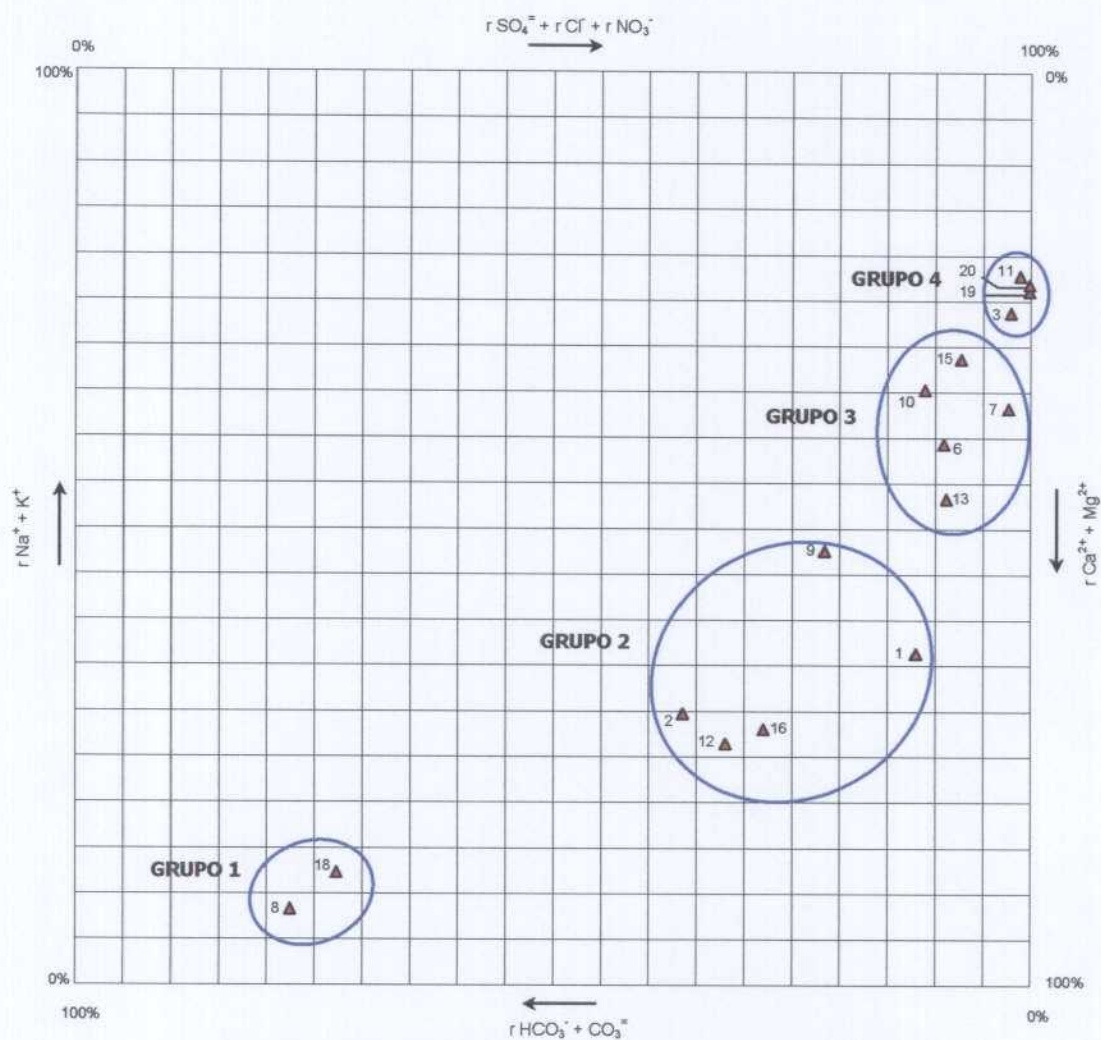


Figura 7.4. Evolución piezométrica representativa del punto 3031-5-29 vs. contenido de cloruros en el manantial Font Salada (3031-6-1)

8. CARACTERIZACIÓN ISOTÓPICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS



Muestra	Nº inventario	Toponimia	Acuífero	Conductividad (µS/cm)
1	303160033	S. El Taró	AAS	2.345
2	303220016	S. El Salvador	AAS	689
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	14.205
6	E-12	Riu Racons	AAS - PPD	3.705
7	E-16	Finca El Rosario	AAS - PPD	16.295
8	293240002	S. La Solana	AGM	323
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	1.216
10	E-6	M. El Solinar	AGM	2.345
11	303160001	Font Salada	AGM	22.688
12	U.B.	Ullal de Bullent	PPD	777
13	M.M.1.	Muestra Marjal-1	PPD	4.465
15	E-10	C. del Barranquet	PPD	4.945
16	P.A.	Pozo Alcalalí	CJ	1.543
18	303220058	S. La Bolata	M	373
19	MM-1	Agua de mar	-	69.961
20	MM-2	Agua de mar	-	-

Figura 7.5. Diagrama de Langelier & Ludwig (campaña mayo-junio 2004)

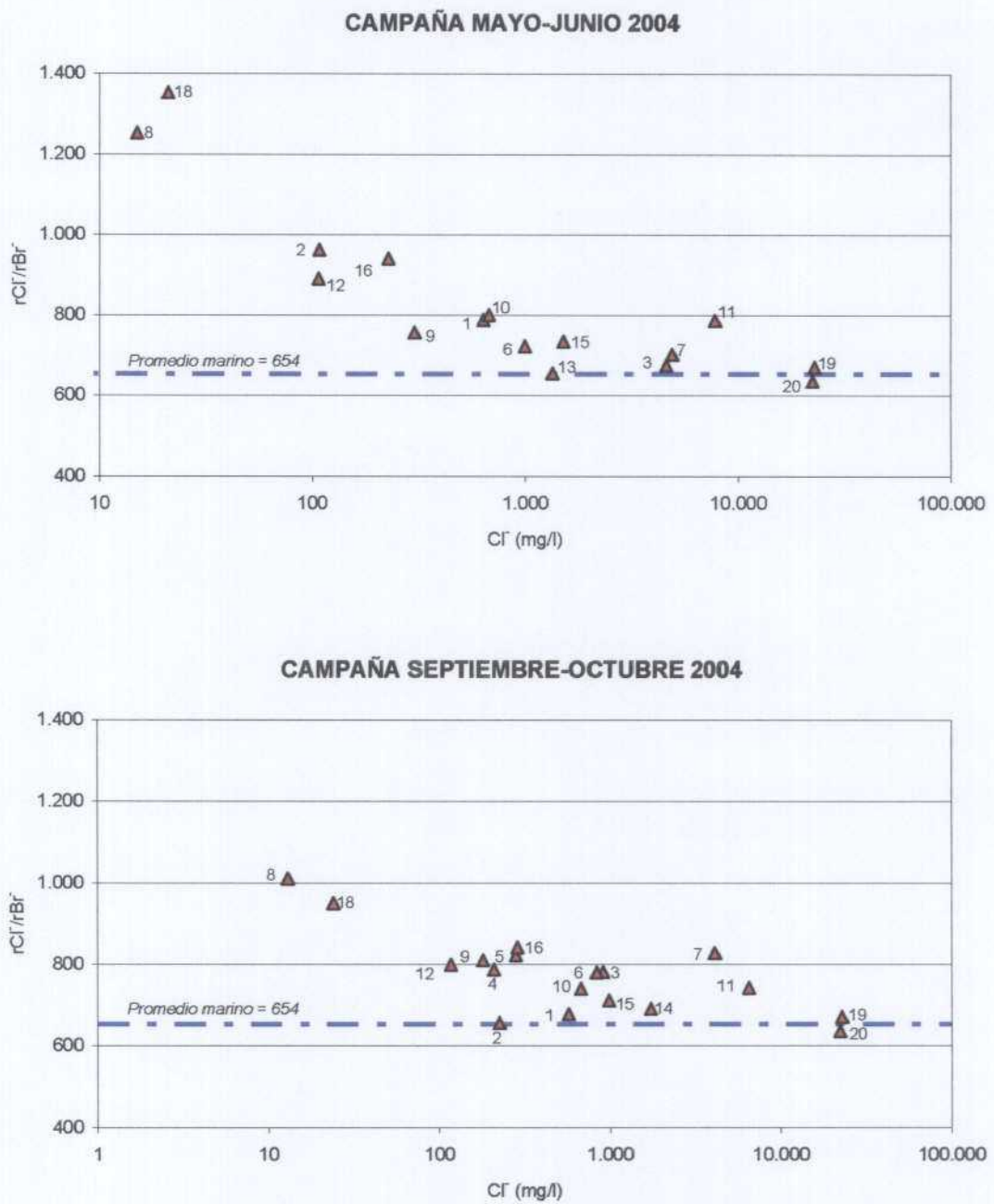


FIGURA 7.19. Relación rCl-/rBr- vs. Cl-

	Salinidad (mg/l T.S.D.)	
	Mayo-junio	Septiembre-octubre
Grupo 1	247	284
Grupo 2	451 – 1.377	757 – 1.537
Grupo 3	1.457 – 9.063	1.533 – 3.780
Grupo 4	8.428 – 14.003	7.651 – 11.889

Las singularidades observadas en el comportamiento entre campañas de las muestras n^{os} 3 (Balsa Sineu) y 7 (Finca El Rosario), que ocasionan su cambio de posición en los respectivos diagramas de Langelier, se justifican a través de los siguientes resultados:

	Toponimia	Campaña	T.S.D. (mg/l)	ANÁLISIS QUÍMICOS (meq/l)								
				HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
3	Balsa Sineu	MAY-JUN	8.428	3,1	0,0	12,7	129,8	0,5	101,1	2,1	13,8	23,0
		SEP-OCT	2.125	4,1	0,0	4,3	25,6	0,8	20,4	0,4	7,4	5,6
7	Finca El Rosario	MAY-JUN	9.063	3,8	0,0	16,9	138,2	0,2	93,1	2,6	20,8	34,9
		SEP-OCT	7.651	4,2	0,0	11,2	115,7	0,3	94,8	1,8	13,2	16,5

	Toponimia	Campaña	T.S.D. (mg/l)	SUMA (meq/l)		% (meq/l)			
				Aniones	Cationes	HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼ +Cl ⁻ +NO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺
3	Balsa Sineu	MAY-JUN	8.428	146,1	140,0	2,1	97,9	73,7	26,3
		SEP-OCT	2.125	34,9	33,7	11,9	88,1	61,5	38,5
7	Finca El Rosario	MAY-JUN	9.063	159,1	151,3	2,4	97,6	63,2	36,8
		SEP-OCT	7.651	131,4	126,3	3,2	96,8	76,5	23,5

Si bien ambos puntos experimentan un descenso de la salinidad en la segunda campaña, en el caso de la Balsa Sineu resulta mucho más acentuado (-74,8%) que en la muestra de la Finca el Rosario (-15,5%). El análisis de la Balsa Sineu, considerada como un importante punto de descarga del acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria, evidencia un fuerte descenso del contenido de SO₄⁼, Cl⁻, Na⁺, K⁺, Mg²⁺ –entre el 66% y el 82%– y, en menor medida, de Ca²⁺ –un 46%–, mientras que la concentración de HCO₃⁻ se eleva un 34%. Este comportamiento indica pues, claramente, que el factor que condiciona el grado de mineralización de esta muestra –mezcla con agua marina o disolución de materiales evaporíticos– reduce su influencia en período de estiaje. En lo referente a la Finca el Rosario, se producen descensos en los mismos iones –a excepción del Na⁺– que en la Balsa Sineu, aunque mucho menos acentuados. En el caso del sodio, la concentración llega incluso a incrementarse ligeramente (1,8%), mientras que el contenido de HCO₃⁻ aumenta un 12%.

Puesto que el contenido de bicarbonatos del agua de mar es inferior al de cualquiera de las muestras de aguas subterráneas analizadas, es razonable suponer que la mezcla entre ambas de lugar a un descenso del citado anión en la muestra resultante, mientras que los demás aniones mayoritarios como Cl⁻ o SO₄⁼ se incrementarían, dado que su contenido es mucho más

elevado en el agua de mar. En consecuencia, si la aportación de agua de mar descendiese, el efecto de dilución sobre el HCO_3^- sería menor y su concentración aumentaría, mientras que el contenido de cloruros y sulfatos se reduciría. Puesto que este fenómeno es similar al recién descrito para las muestras de la Balsa Sineu y de la Finca El Rosario, la hipótesis de la intrusión marina podría justificar dicho comportamiento. Bajo este supuesto, el hecho de que las variaciones de concentración sean mucho más intensas en la Balsa Sineu que en la Finca el Rosario podría estar relacionado con la distancia a la costa, de manera que a igualdad de condiciones un desplazamiento de la interfase se manifestaría con mayor intensidad en la más alejada del litoral, en este caso la Balsa Sineu.

Cabría pensar que la B. Sineu está más influenciada por la salinización natural, mientras que la F. del Rosario está más influenciada por la intrusión causada por el bombeo (antrópica)

7.2.3 Composición de las aguas procedentes de los diferentes acuíferos

Con el fin de obtener una visión específica de la composición de las muestras en cada uno de los acuíferos objeto de estudio se ha elaborado, para cada uno de ellos, un diagrama de Schoeller-Berkaloff. Por su interés en el presente contexto, se ha incluido en todos ellos el análisis del agua de mar.

ACUÍFERO DE ALMUDAINA-ALFARO-SEGARIA

Se incluyen en este grupo tanto las muestras situadas sobre este acuífero como las que, aún hallándose sobre la Plana de Pego-Denia, se consideran puntos de descarga de aquél. El diagrama de Schoeller-Berkaloff correspondiente a la campaña mayo-junio, representado en la figura 7.7, evidencia las diferencias existentes entre la muestra 2 (sondeo El Salvador), la menos mineralizada y única del grupo con cierto carácter bicarbonatado cálcico, y las restantes, todas ellas cloruradas sódicas. Entre estas últimas, las muestras 3 (Balsa Sineu) y 7 (Finca El Rosario) ofrecen un gran paralelismo, circunstancia que apunta a una génesis común. Respecto a las muestras 1 (sondeo El Tarcó) y 6 (Riu Racons), se aprecian las diferencias inducidas por la mayor salinidad de este último, si bien sus perfiles ofrecen también cierto paralelismo.

Si se compara el análisis del agua de mar con los de las muestras 3 y 7, se observan diferencias notables en la concentración de los cationes mayoritarios, cloruros y, en menor medida, de calcio, más elevadas en el agua de mar. Por el contrario el contenido de bicarbonatos de esta última es muy inferior al de ambas muestras, y lo es también el de sílice aunque no de modo tan acentuado. Por último, las dos muestras de agua subterránea presentan contenidos de nitratos que evidencian la influencia antrópica los cuales, obviamente, no se detectan en el agua de mar⁴.

⁴ La concentración de NO_3^- en el agua de mar es inferior a 1 mg/l

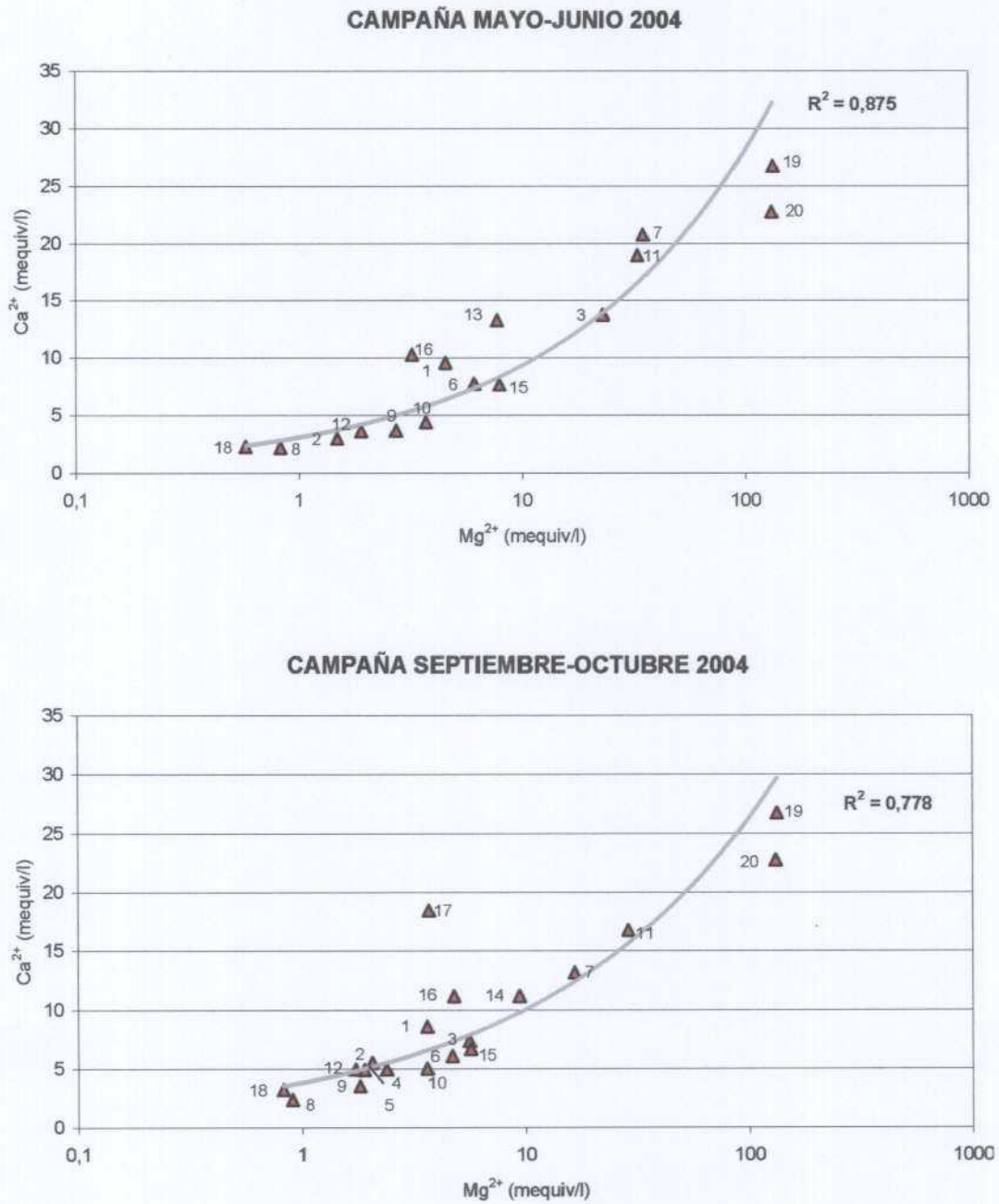


Figura 7.16. Relación rMg^{2+} vs. rCa^{2+}

El diagrama de la segunda campaña (figura 7.8), en el que aparecen dos nuevas muestras correspondientes a los sondeos Segaria (n^{os} 4 y 5), evidencia con claridad un gradiente de concentración de sales. El grupo de las menos mineralizadas está formado por las muestras n^{os} 2, 4 y 5. A partir de éstas se suceden perfiles prácticamente paralelos de aguas progresivamente enriquecidas en Cl⁻, SO₄²⁻, Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺; sin embargo, el contenido de HCO₃⁻ apenas se modifica, lo que en primer lugar evidencia que, a diferencia de los demás iones, la fuente de estas sales carece de concentración suficiente de este compuesto como para enriquecerla en el mismo.

Suponiendo que existiese una mezcla de agua marina y subterránea por efecto de un proceso de intrusión, la aplicación de un sencillo modelo de mezcla de las muestras recogidas en la subunidad de Segaria durante la primera campaña, basado en el contenido de cloruros del agua marina y el de la muestra de dicha subunidad de menor concentración de este anión -n^o 2-, ofrece los siguientes resultados:

	N ^o Inventario	Toponimia	Acuífero	% agua marina	% agua subte.
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	2,4%	97,6%
2	303220016	S. El Salvador	AAS	0,0%	100,0%
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	20,2%	79,8%
6	E-12	Riu Racons	AAS - PPD	4,0%	96,0%
7	E-16	Casa de Bombas	AAS - PPD	21,5%	78,5%

Si se aplican los porcentajes de mezcla de las muestras más mineralizadas n^{os} 3 y 7 a las concentraciones de sulfatos del agua de mar (22,8 g/l) y de la n^o 2 (35 mg/l), el resultado sería el siguiente:

	N ^o Inventario	Toponimia	Acuífero	SO ₄ ²⁻ calculado	SO ₄ ²⁻ real
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	654	612
7	E-16	Casa de Bombas	AAS - PPD	695	812

La concentración calculada resulta, pues, de orden similar o incluso, en el caso de la Finca El Rosario, más elevada que la real. En tales circunstancias, el modelo de mezcla planteado no resulta totalmente definitorio a efectos de atribuir a la intrusión marina o a la disolución de materiales evaporíticos el origen de la salinidad, aunque apunta a la primera de estas posibles causas.

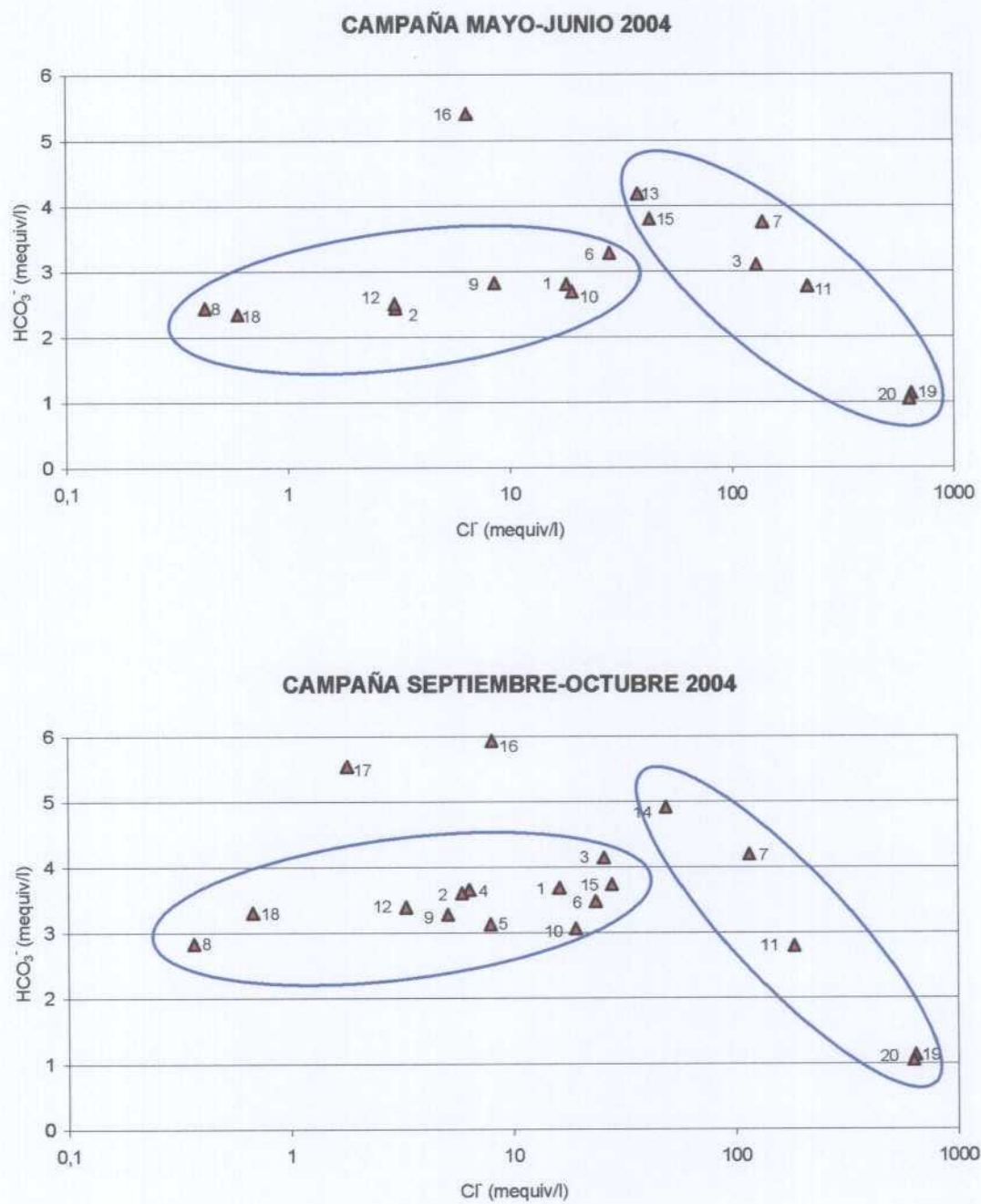


Figura 7.14. Relación rCl⁻ vs. rHCO₃⁻

ACUÍFERO DE ALBUERCA-GALLINERA-MUSTALLA

El diagrama de Schoeller-Berkaloff correspondiente a este acuífero se representa en las figuras 7.9 (campaña 1) y 7.10 (campaña 2). En ambos se representan las mismas muestras, sin que en ninguna de ellas se observen diferencias sustanciales entre una y otra gráfica.

El examen de estos diagramas pone de relieve, en primer lugar, la diferencia existente entre el perfil de la escasamente mineralizada muestra nº 8 –sondeo La Solana, situado en el T.M. de Vall de Gallinera– y los tres restantes, diferencia que ya había sido puesta de manifiesto anteriormente a través del diagrama de Langelier-Ludwig. Esta circunstancia evidencia la ausencia de cualquier influencia evaporítica sobre esta muestra, plenamente justificable atendiendo a su contexto geológico.

Las tres muestras restantes ofrecen perfiles paralelos pero, al igual que en el caso del acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria, con un gradiente de enriquecimiento salino que alcanza su máximo en la muestra nº 11 (Font Salada), y con una concentración de HCO_3^- que no se ve alterada pese al fuerte aumento de los restantes iones mayoritarios.

Suponiendo que existiese una mezcla de agua marina y subterránea por efecto de un proceso de intrusión, la aplicación a la surgencia presuntamente más afectada por aquél –Font Salada–, de un modelo de mezcla basado en el contenido promedio de cloruros entre ambas campañas, así como en la consideración de la muestra nº 8 como agua no afectada por dicho proceso, proporciona para dicha surgencia una componente de agua marina del 34,5%. Si se aplica este porcentaje a las concentraciones de sulfatos del agua de mar (22,8 g/l) y de la muestra nº 8 (35 mg/l), la concentración calculada también para la Font Salada sería de 1.077mg/l, valor que no difiere sensiblemente del real (950 mg/l), especialmente si se tiene en cuenta la incertidumbre inherente al método. En tales circunstancias, tampoco en este caso el modelo de mezcla planteado resulta concluyente a efectos de atribuir a la intrusión marina o a la disolución de materiales evaporíticos el origen de la salinidad.

Por último, es interesante destacar que las muestras nº^{os} 9, 10 y 11 presentan un rango de contenidos de NO_3^- de 15-46 mg/l, lo que evidencia la influencia de factores antrópicos.

ACUÍFERO DE LA PLANA DE PEGO-DENIA

Los diagramas de Schoeller-Berkaloff de ambas campañas (figuras 7.11 y 7.12) evidencian las diferencias existentes entre la muestra nº 12 procedente del el acuífero detrítico de Pego-Denia, y las tres restantes, de mineralización mucho más elevada. Las muestras nos 13 y 15 se recogieron en la lámina de agua del Marjal, en sendos puntos próximos entre sí, mientras que la nº 14 lo fue de un canal que recibe los aportes de otros canales secundarios de drenaje de la

Marjal, por lo que puede considerarse que integra aguas procedentes del propio acuífero cuaternario Pego-Denia, como posibles aportaciones de los acuíferos limítrofes. Los perfiles de estas tres últimas muestras ofrecen un paralelismo suficiente como para ser consideradas en un mismo grupo.

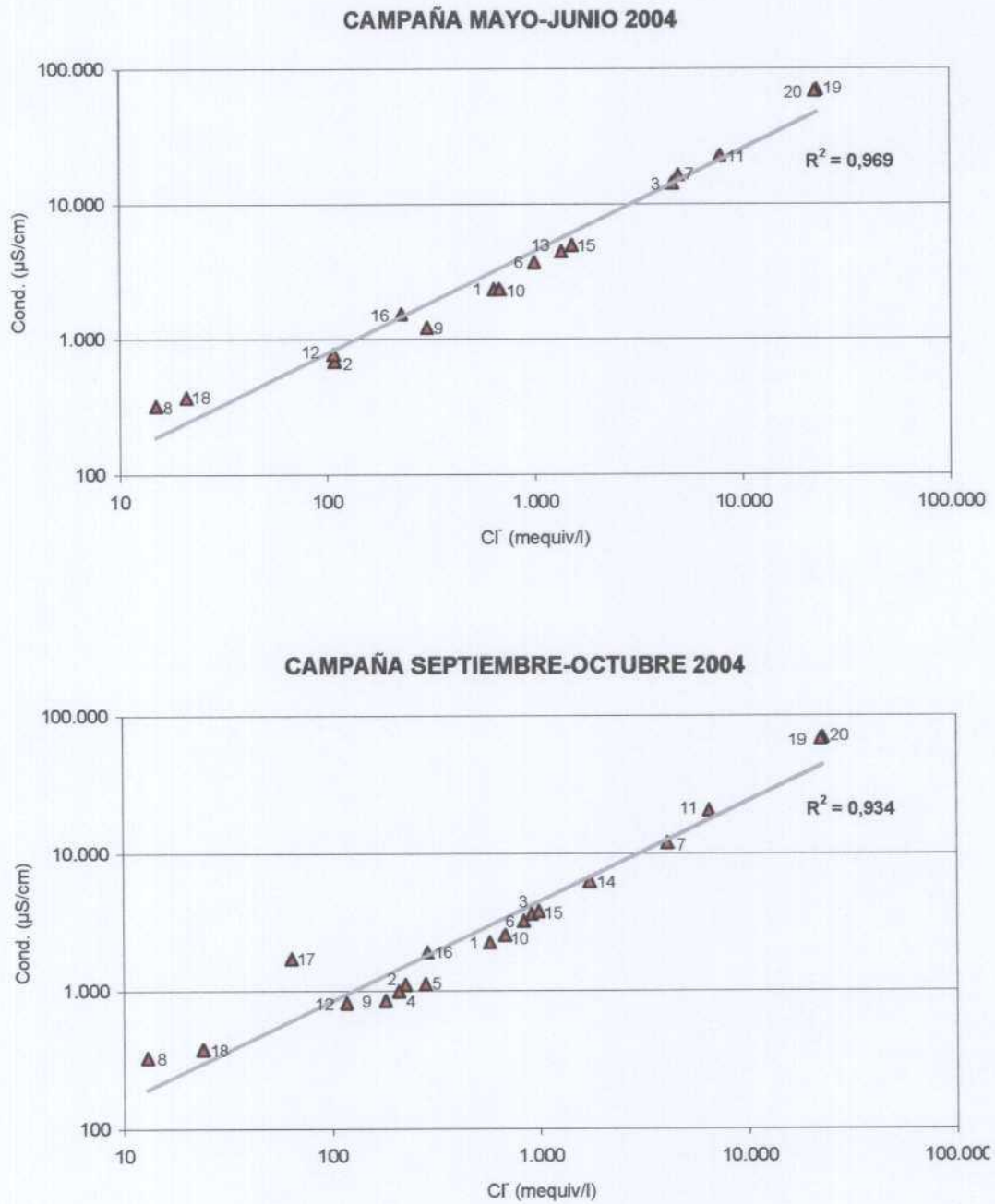


Figura 7.13. Relación cloruros vs. conductividad

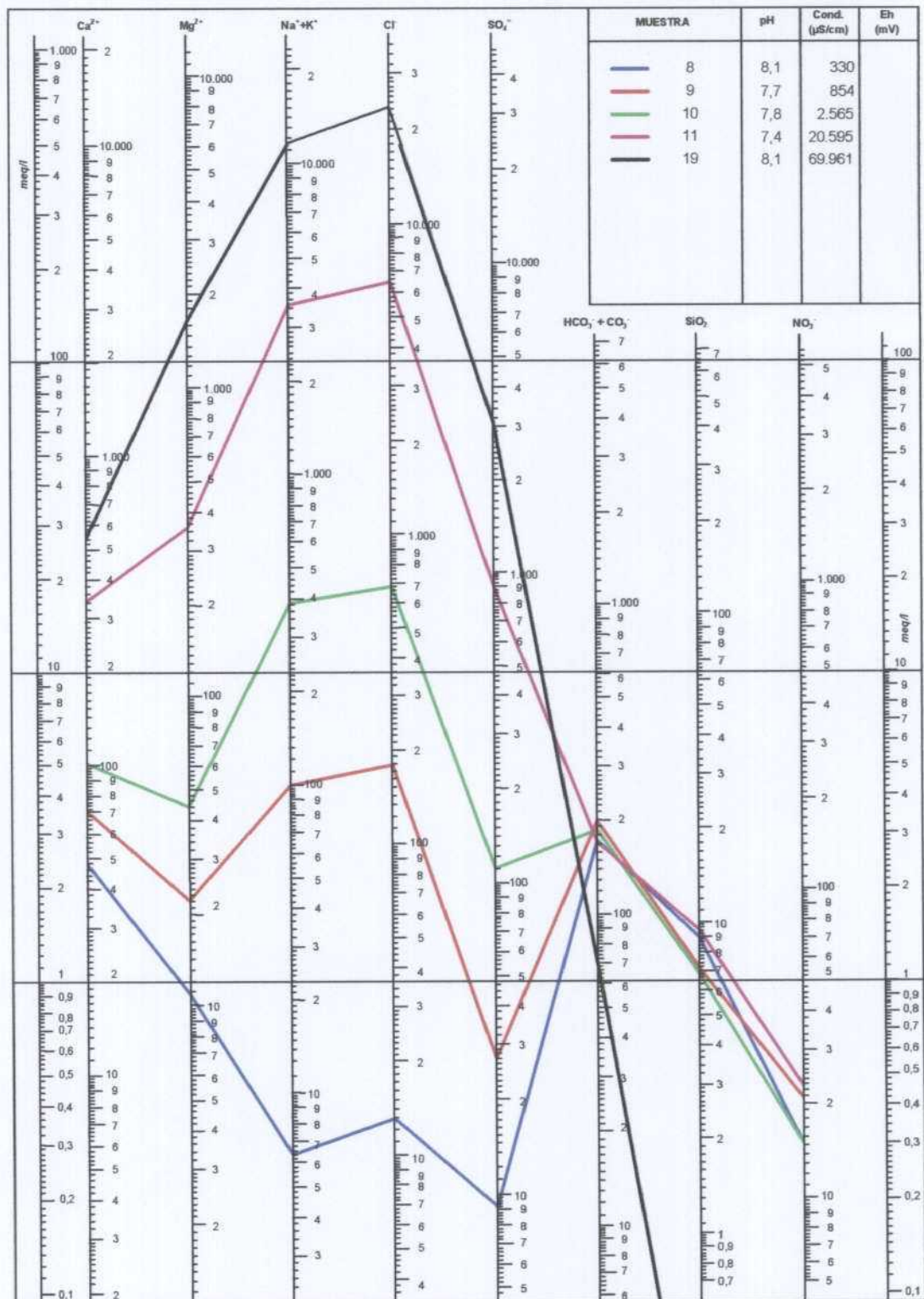


Figura 7.10. Diagrama de Schoeller-Berkaloff del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla
 Campaña 2

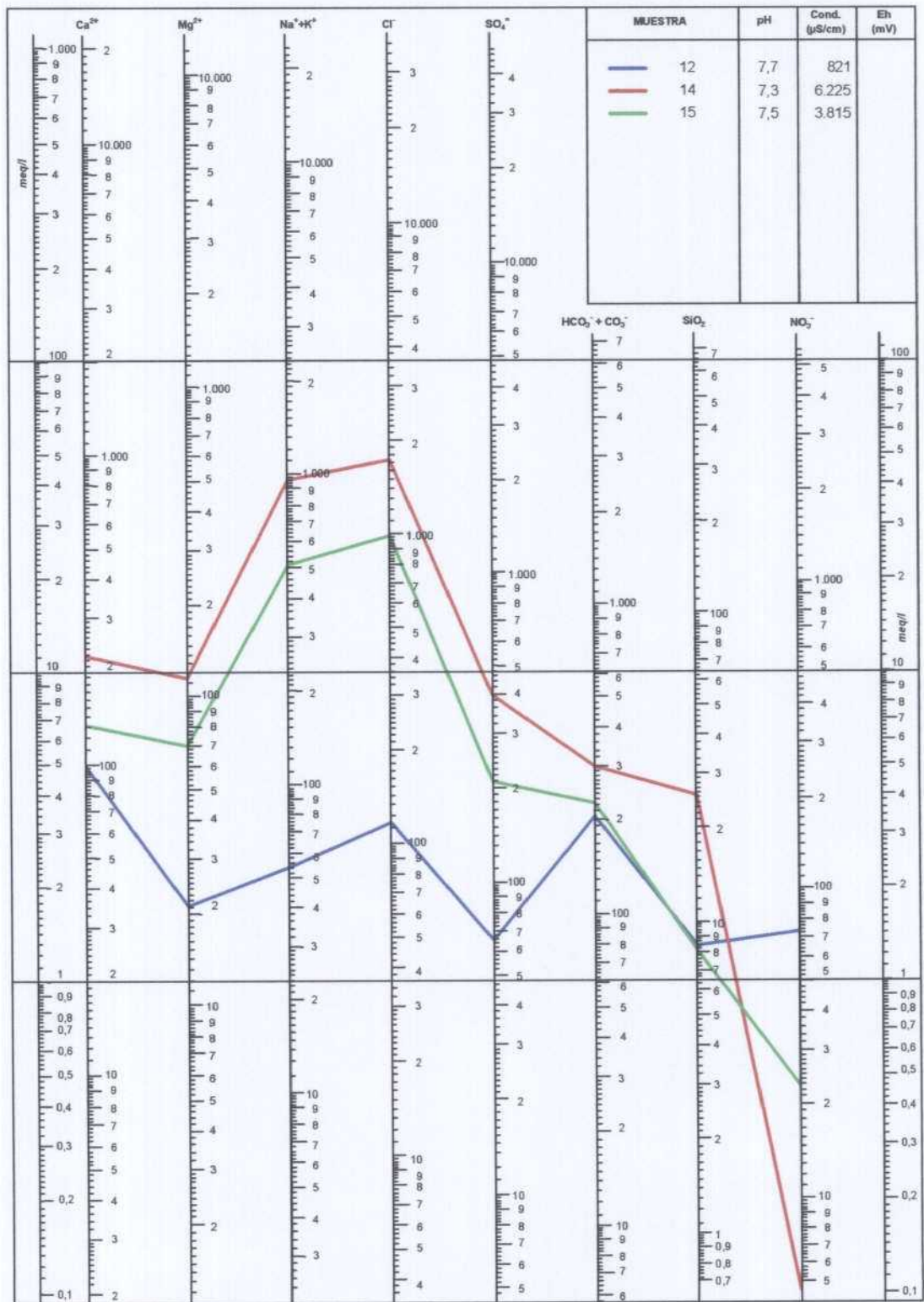


Figura 7.12. Diagrama de Schoeller-Berkaloff del acuífero de la Plana de Pego-Denia
 Campaña 2



Figura 7.11. Diagrama de Schoeller-Berkaloff del acuífero de la Plana de Pego-Denia
 Campaña 1

La composición de la muestra nº 12 permite diferenciar con claridad las aguas bicarbonatadas-cloruradas del acuífero detrítico de La Plana, de las cloruradas sódicas procedentes de las zonas limítrofes de esta última en contacto con los acuíferos de Albuerca-Gallinera-Mustalla y Almudaina-Alfaro-Segaria. Resulta evidente, por tanto, que los fenómenos que condicionan la mineralización de estas últimas no influyen sobre las aguas del acuífero detrítico o, al menos, no lo hacen en el sector donde fueron analizadas, lo que permite descartar no sólo la intrusión marina y la disolución de sales anteriormente comentadas, sino también la posible presencia de agua relictas de origen marino retenidas en el seno del acuífero.

7.2.4 Índices geoquímicos y correlaciones

La tabla 7.5 ofrece los resultados del cálculo de una serie de relaciones iónicas que representan índices geoquímicos de interés para la interpretación. En primer lugar, se han elaborado las gráficas de correlación de la conductividad con el contenido de cloruros –figura 7.13–, en las que se aprecia que existe una relación directa y estrecha entre ambos parámetros.

En la figura 7.14 se representa la relación rCl^- vs. $rHCO_3^-$, habitualmente utilizada para el seguimiento de la intrusión marina. Mientras su valor en el caso del agua de mar se aproxima a 600, en las aguas subterráneas investigadas es inferior a 80. Entre estas últimas, las muestras 3 y 7 del acuífero Almudaina-Alfaro-Segaria y la nº 11 de Albuerca-Gallinera-Mustalla, así como las recogidas en el propio Marjal (nºs 14 y 15), son las que presentan los valores más elevados, y las que definen, según se observa en la gráfica –especialmente la de la primera campaña– un grupo diferenciado, mientras que el resto configura un segundo grupo. Las muestras 16 y 17 se apartan de los dos grupos anteriores, circunstancia que se justifica en el hecho de que ambas provienen del acuífero del Cuaternario del Jalón.

La representación del coeficiente $rCl^-/rHCO_3^-$ frente a rCl^- (figura 7.15) permite observar con claridad el modo en que se ordenan y distribuyen los puntos y la estrecha correlación existente entre ambos parámetros, resultado del control que el contenido de Cl^- ejerce sobre la relación $rCl^-/rHCO_3^-$.

En la figura 7.16 se representa la relación rMg^{2+} vs. rCa^{2+} . Mientras en el agua de mar dicha relación alcanza un valor del orden de 5, en las aguas subterráneas analizadas resulta inferior a 1,7. Según se observa en la citada figura, la correlación de ambos parámetros ofrece un buen grado de ajuste, y la distribución de las muestras que resulta es la misma que la obtenida en la gráfica rCl^- vs. $rHCO_3^-$, en la medida que las nºs 3, 7, 11, 14 y 15 son las que más se aproximan al valor correspondiente al agua de mar. Asimismo, la representación del índice rMg^{2+}/rCa^{2+} frente al T.S.D. (figura 7.17) evidencia que el valor de dicho índice se aproxima más al del agua marina cuanto mayor es el grado de mineralización del agua subterránea.

La figura 7.18 refleja la relación rCl^- vs. rBr^- , en la que se observa una estrecha correlación entre ambos parámetros. Los valores del cociente rCl^-/rBr^- para el agua de mar son del orden de 650, mientras que en las aguas analizadas se encuentra en un rango de 656-1.353. La representación de estos valores frente al contenido de cloruros (figura 7.19) pone de manifiesto, en primer lugar, que las muestras nºs 1, 2, 3 y 7 pertenecientes al acuífero

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004

Nº orden	Nº Inventario	Toponimia	Acuífero	pH	Conduc. (µS/cm)	Relaciones iónicas									
						rMg/rCa	rK/rNa	rSO4/rCl	rCl/rHCO3	rSO4/rCa	rHCO3/r(Ca+Mg)	rCl/rSr	rSO4/rSr	rCl/Br	rNa/rCl
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	7,7	2.345	0,472	0	0,111	6,40	0,209	0,199			788	0,4319
2	303220016	S. El Salvador	AAS	7,8	669	0,495	0	0,239	1,25	0,243	0,546			963	0,614
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	7,1	14.205	1,672	0	0,098	41,89	0,925	0,084	1,722	169	676	0,779
6	E-12	Riu Racons	AAS - PPD	7,4	3.705	0,782	0	0,144	8,57	0,519	0,236	1,231	177	724	0,708
7	E-16	Finca El Rosario	AAS - PPD	7,2	16.295	1,680	0,028	0,122	36,83	0,814	0,067	1,636	200	703	0,673
8	293240002	S. La Solana	AGM	7,8	323	0,375	0	0,443	0,17	0,085	0,809			1,253	0,617
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	7,6	1.216	0,735	0,027	0,112	3,02	0,259	0,440			757	0,664
10	E-6	M. El Solinar	AGM	7,6	2.345	0,843	0,017	0,111	7,09	0,484	0,332	1,392	155	801	0,785
11	303160001	Font Salada	AGM	7,3	22.668	1,735	0,023	0,090	79,44	1,043	0,053	1,785	160	787	0,807
12	U.B.	Ullal de Bullent	PPD	7,5	777	0,519	0,040	0,469	1,20	0,389	0,453			890	0,634
13	M.M.1.	Muestra Marjal-1	PPD	7,4	4.465	0,583	0,022	0,137	9,04	0,389	0,199	1,274	174	656	0,621
15	E-10	Canal del Barranquet	PPD	7,4	4.945	1,028	0,019	0,129	11,20	0,715	0,244	1,435	185	735	0,785
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	7,2	1.543	0,312	0,015	1,118	1,18	0,697	0,401	200	224	941	0,808
18	303220058	S. La Bolata	M	7,7	373	0,251	0,000	0,351	0,25	0,091	0,816			1,353	0,661
21	F.M.	Font de Mortits Alto	-	7,6	404	0,130	0,000	0,458	0,25	0,099	0,757			1,595	0,532
23	293280009	Font de Espelda	-	7,3	434	0,112	0,168	0,622	0,13	0,076	0,835			1,190	0,568
24	293280033	Fte. Nueva	-	7,4	454	0,173	0,000	1,255	0,16	0,165	0,720	41	52	1,100	0,540
25	293230021	Font d'els Petits	-	7,5	399	0,124	0,000	0,323	0,11	0,037	0,895			1,503	0,867
26	293280016	Fte. Espíritu Santo	-	7,2	768	0,183	0,131	2,559	0,15	0,301	0,675	41	105	1,611	0,463

CAMPAÑA SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2004

Nº orden	Nº Inventario	Toponimia	Acuífero	pH	Conduc. (µS/cm)	Relaciones iónicas									
						rMg/rCa	rK/rNa	rSO4/rCl	rCl/rHCO3	rSO4/rCa	rHCO3/r(Ca+Mg)	rCl/rSr	rSO4/rSr	rCl/Br	rNa/rCl
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	7,8	2.265	0,422	0,019	0,143	4,376	0,269	0,302	-	-	678	0,580
2	303220016	S. El Salvador	AAS	7,9	1.112	0,371	0,015	0,210	1,737	0,241	0,481	-	-	656	0,781
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	7,7	3.645	0,757	0,019	0,169	6,177	0,586	0,319	-	-	782	0,795
4	303220025	Segaria Bajo (pozo Moret)	AAS	7,7	998	0,483	0,012	0,201	1,635	0,240	0,492	-	-	788	0,753
5	303220026	Segaria Alto (pozo Perla)	AAS	7,8	1.126	0,387	0,009	0,134	2,523	0,217	0,462	-	-	823	0,683
6	E-12	Riu Racons	AAS - PPD	7,6	3.245	0,770	0,017	0,164	6,755	0,633	0,322	-	-	781	0,825
7	E-16	Finca El Rosario	AAS - PPD	7,5	11.995	1,255	0,019	0,097	27,566	0,853	0,141	-	-	828	0,820
8	293240002	S. La Solana	AGM	8,1	330	0,378	0,049	0,511	0,129	0,078	0,859	-	-	1,011	0,712
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	7,7	854	0,511	0,024	0,111	1,549	0,159	0,612	-	-	810	0,831
10	E-6	M. El Solinar	AGM	7,8	2.565	0,718	0,020	0,121	6,222	0,459	0,354	-	-	740	0,860
11	303160001	Font Salada	AGM	7,4	20.595	1,717	0,021	0,102	65,425	1,113	0,062	-	-	743	0,820
12	U.B.	Ullal de Bullent	PPD	7,7	821	0,350	0,034	0,410	0,973	0,274	0,509	-	-	799	0,685
14	M.M.2	Muestra Marjal 2	PPD	7,3	6.225	0,839	0,024	0,171	9,925	0,745	0,239	-	-	691	0,834
15	E-10	Canal del Barranquet	PPD	7,5	3.815	0,849	0,022	0,158	7,428	0,657	0,302	-	-	712	0,782
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	7,4	1.908	0,427	0,027	1,063	1,360	0,767	0,372	-	-	842	0,836
17	303260054	C.R. Alcalali-Jalón	CJ	7,3	1.720	0,200	0,014	8,626	0,326	0,843	0,250	-	-		0,506
18	303220058	S. La Bolata	M	7,8	379	0,254	0,053	0,277	0,204	0,058	0,814	-	-	949	0,707
19	MM-1	Agua de mar	-	8,1	69.961	4,982	0,022	0,098	568,735	2,366	0,007	-	-	671	0,775
20	MM-2	Agua de mar	-	8,1	68.561	5,784	0,021	0,105	599,721	2,891	0,007	-	-	636	0,797
22	F.M.B.	Font de Mortits Bajo	-	7,9	650	0,407	0,000	2,378	0,242	0,471	0,582	-	-	752	0,742
27	293240011	-	-	8	430	0,106	0,196	0,664	0,073	0,048	0,903	-	-	683	0,925
28	293230016	-	-	8	413	0,133	0,000	0,574	0,079	0,047	0,921	-	-	597	1,371
29	293270028	-	-	8,6	219	0,082	0,000	0,410	0,141	0,052	0,834	-	-	752	1,028
30	293340012	-	-	8	203	0,042	0,000	0,308	0,201	0,053	0,832	-	-	1,002	0,514

Tabla 7.5.- Relaciones iónicas de las muestras recogidas en ambas campañas de muestreo

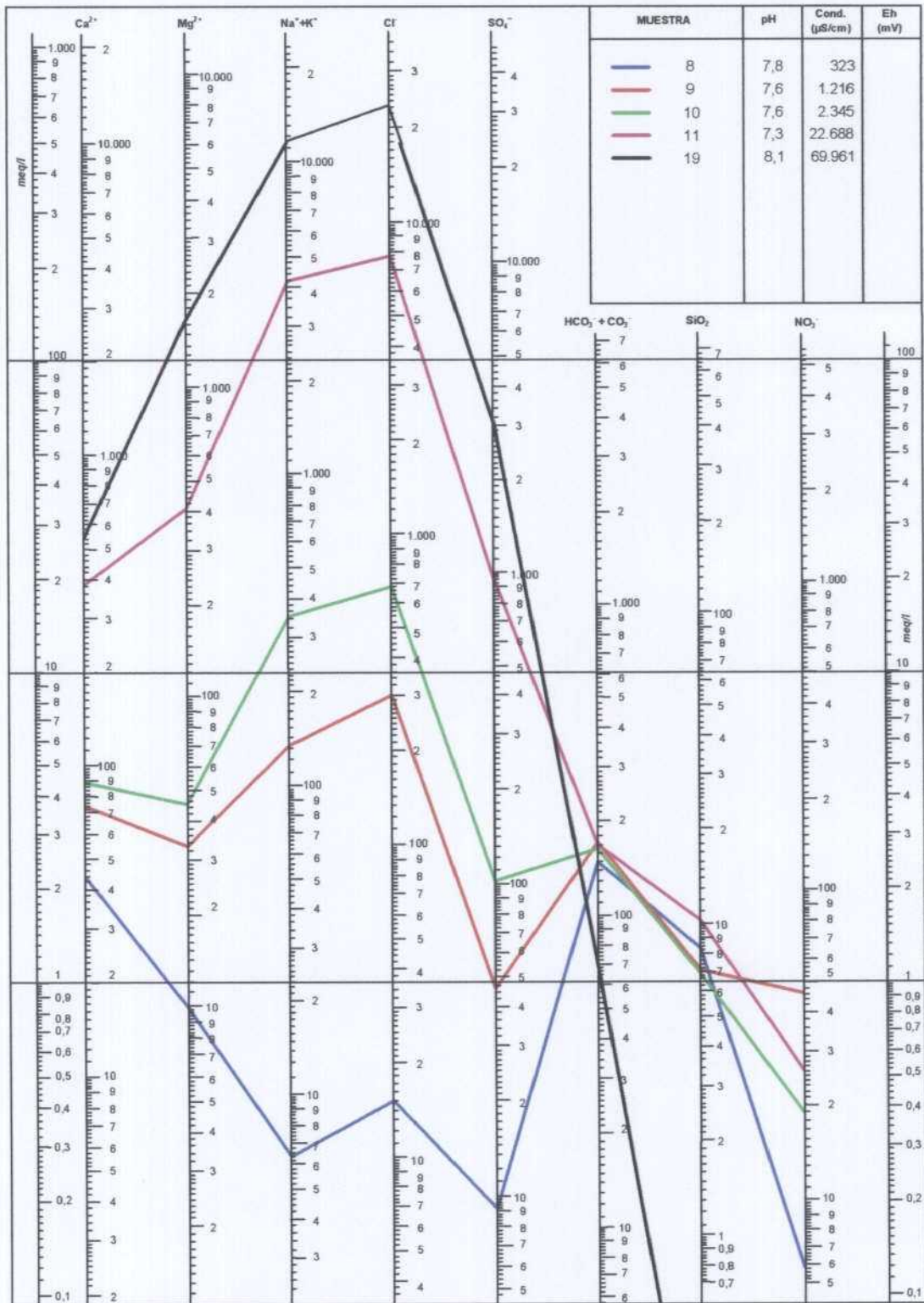


Figura 7.9. Diagrama de Schoeller-Berkaloff del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla
 Campaña 1

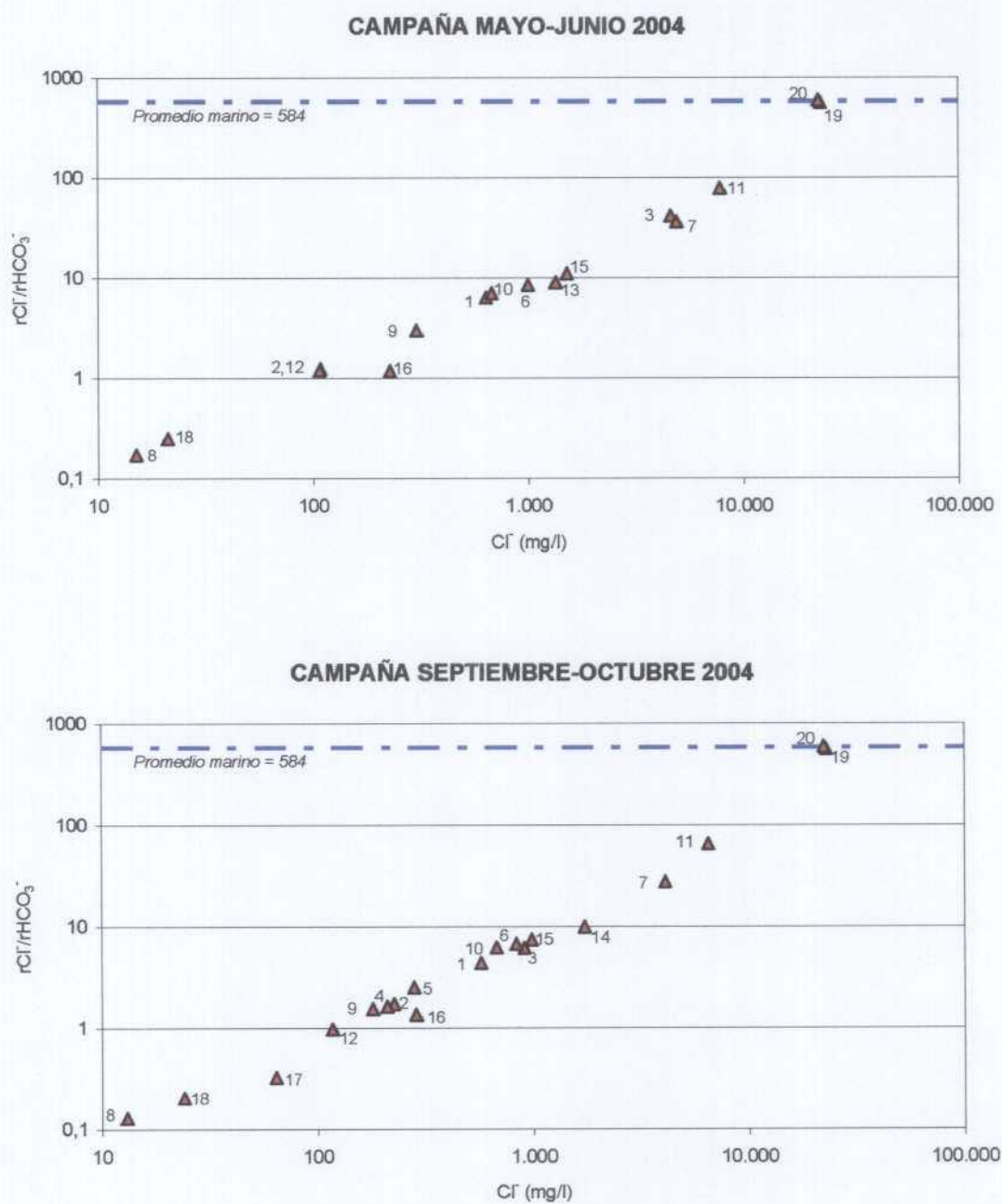


Figura 7.15. Relación Cl^- vs. $r\text{Cl}^-/r\text{HCO}_3^-$

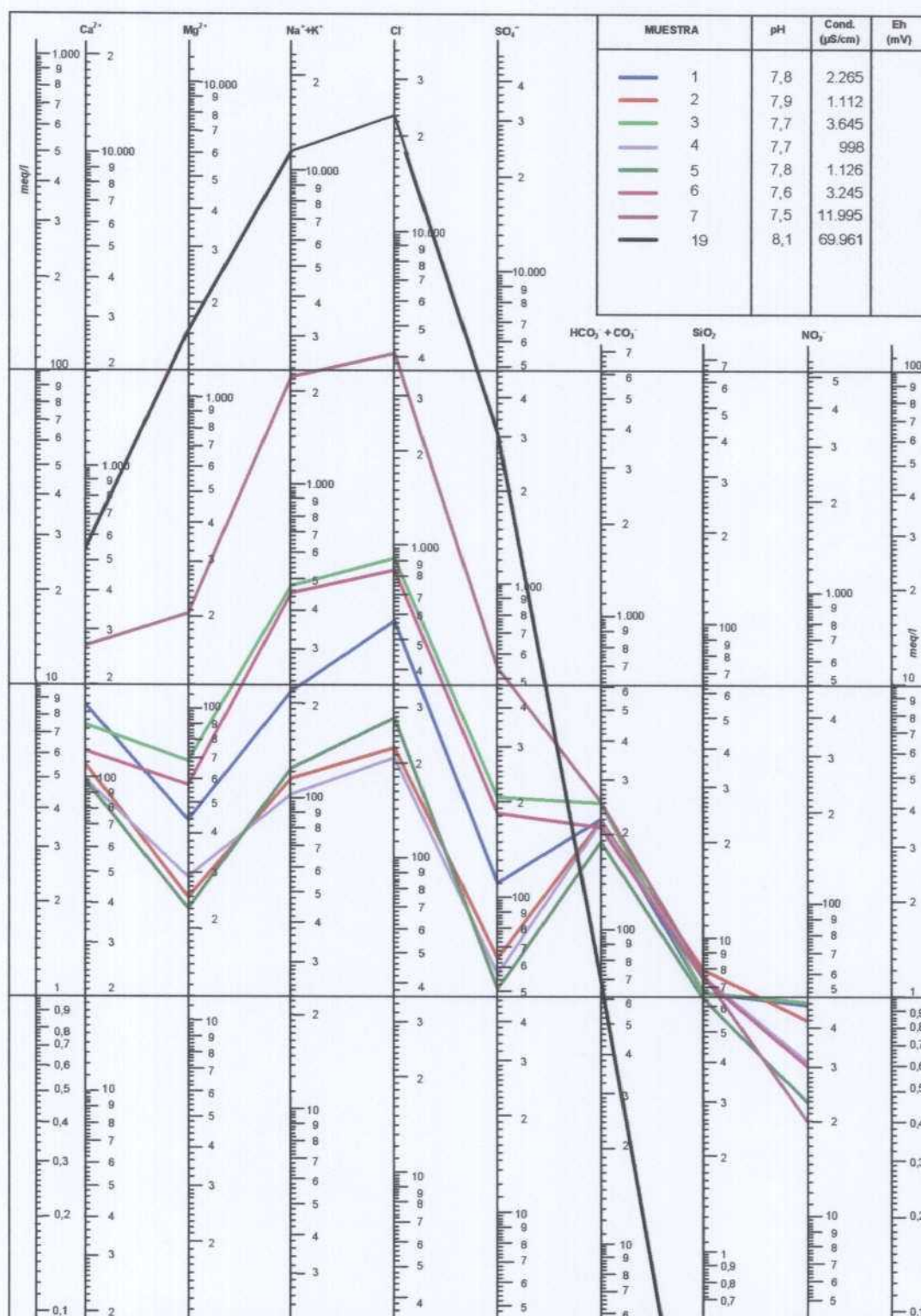


Figura 7.8. Diagrama de Schoeller-Berkaloff del acuífero de Almodaina-Alfaro-Segaria
 Campaña 2

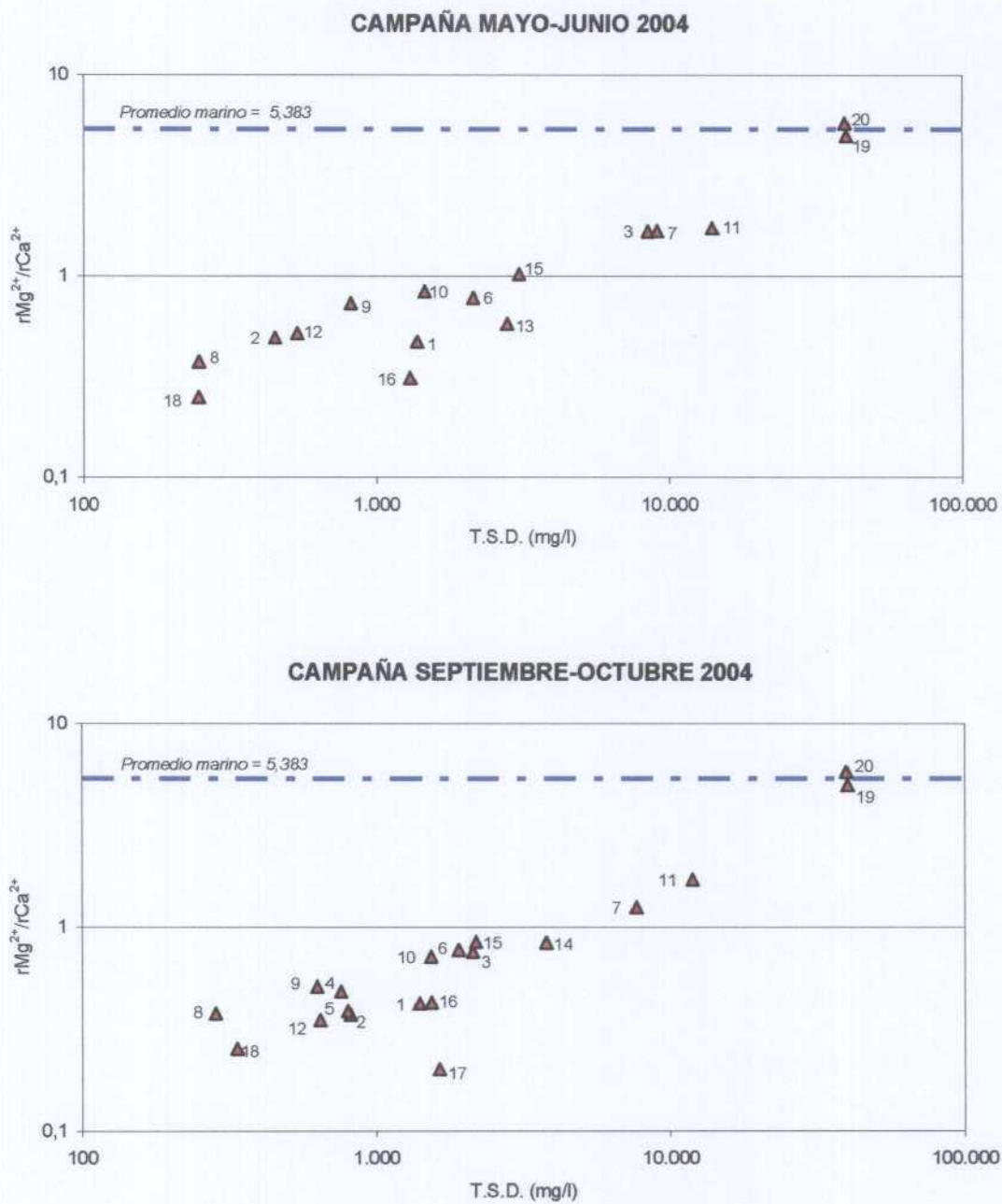


Figura 7.17. Relación rMg^{2+}/rCa^{2+} vs. T.S.D.

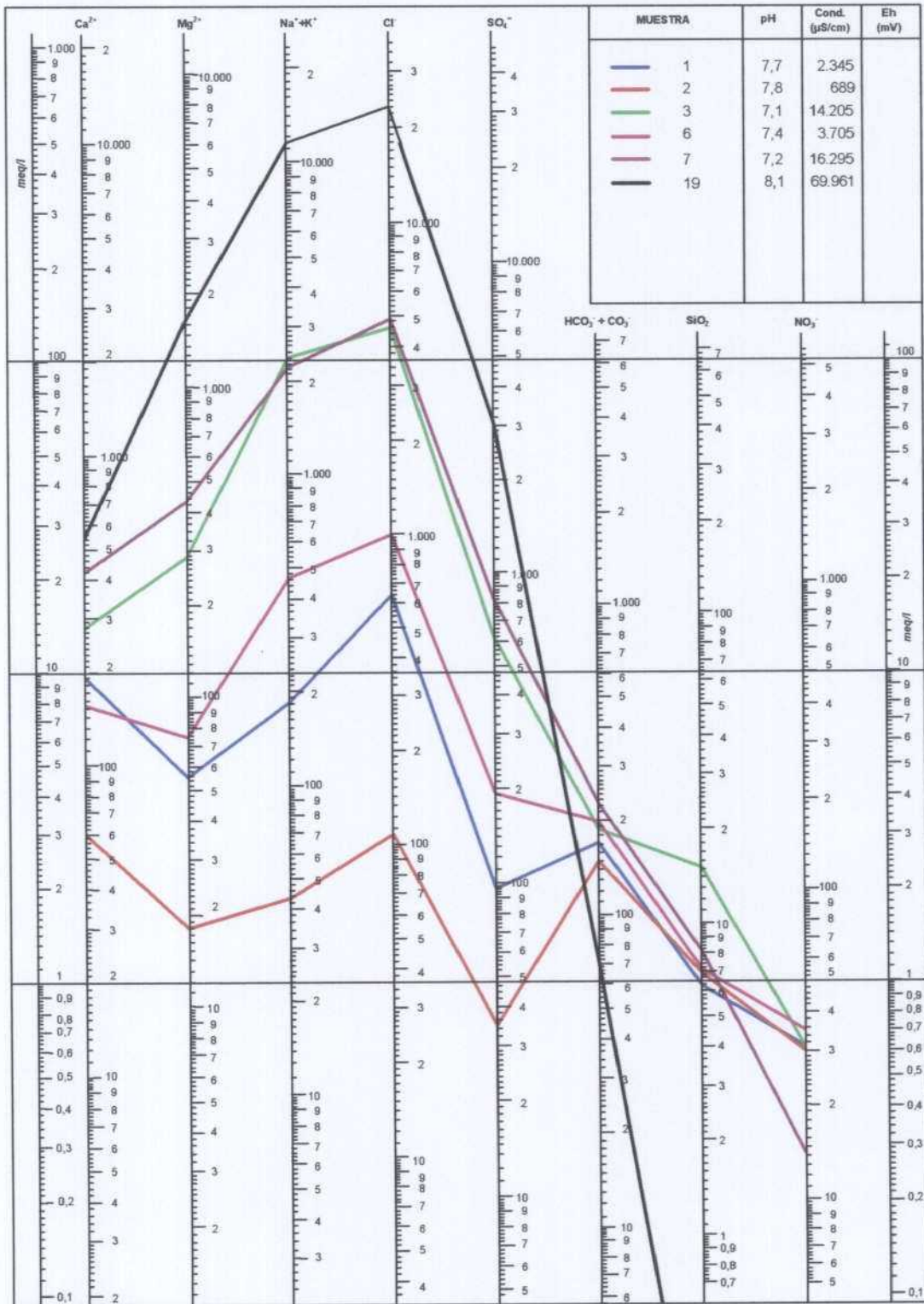


Figura 7.7. Diagrama de Schoeller-Berkaloff del acuífero de Almodaina-Alfaro-Segaria
 Campaña 1

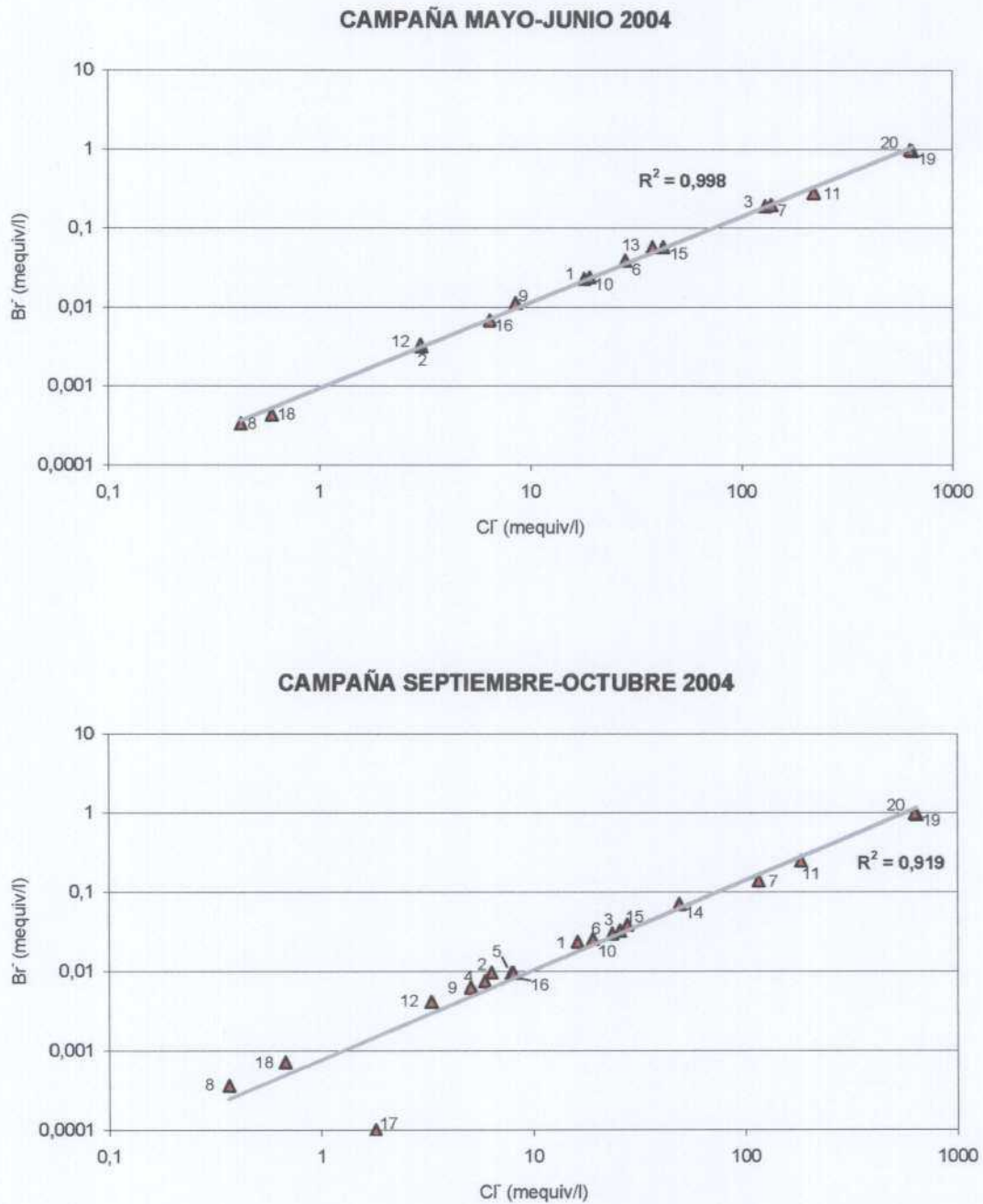
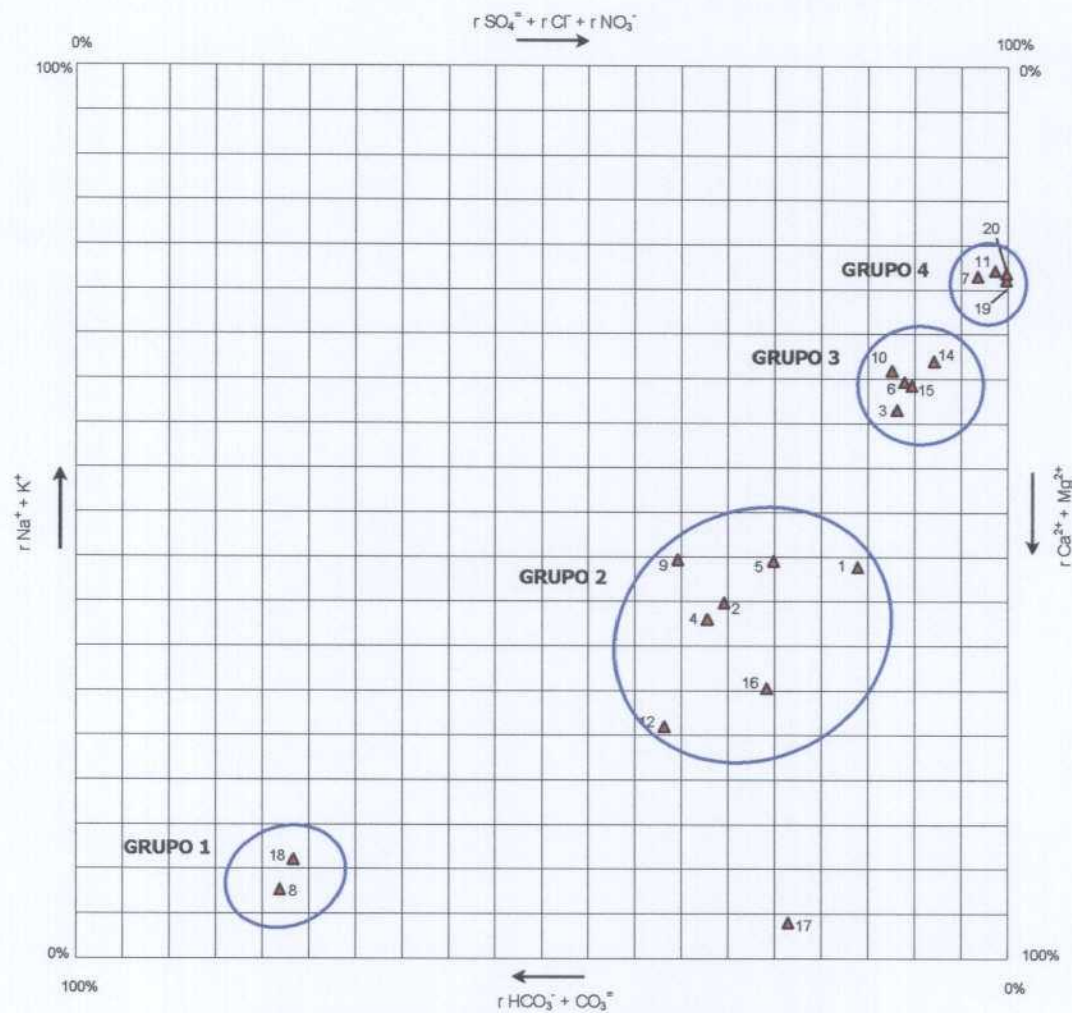


Figura 7.18. Relación rCl^- vs. rBr^-



Muestra	Nº inventario	Toponimia	Acuífero	Conductividad (µS/cm)
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	2.265
2	303220016	S. El Salvador	AAS	1.112
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	3.645
4	303220025	Segaria Bajo	AAS	998
5	303220026	Segaria Alto	AAS	1.126
6	E-12	Riu Racons	AAS - PPD	3.245
7	E-16	Finca El Rosario	AAS - PPD	11.995
8	293240002	S. La Solana	AGM	330
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	854
10	E-6	M. El Solinar	AGM	2.565
11	303160001	Font Salada	AGM	20.595
12	U.B.	Ullal de Bullent	PPD	821
14	M.M.2	Muestra Marjal 2	PPD	6.225
15	E-10	Canal del Barranque	PPD	3.815
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	1.908
17	303260054	C.R. Alcalali-Jalón	CJ	1.720
18	303220058	S. La Bolata	M	379
19	MM-1	Agua de mar	-	69.961
20	MM-2	Agua de mar	-	38.561

Figura 7.6. Diagrama de Langelier & Ludwig (campaña septiembre-octubre 2004)

Almudaina-Alfaro-Segaria presentan, al menos en una de las campañas, valores del índice rCl/rBr del mismo orden que el del agua de mar, aunque su contenido de cloruros es inferior al de esta última. En lo que respecta al acuífero Albuerca-Gallinera-Mustalla, las que más se aproximan al valor marino son las n^{os} 13 y 14.

En el Anexo 2 se incluye una serie adicional de relaciones iónicas y correlaciones, cuyos resultados son básicamente similares a los deducidos de las arriba descritas. En síntesis, estos cálculos sitúan a las muestras n^{os} 3, 7 y 11 de la subunidad de Segaria, y 14 y 15 del Marjal de Pego, como las de composición más próxima a la del agua de mar, aún cuando sus relaciones iónicas no alcanzan los valores de esta última.

8.1 LÍNEA METEÓRICA LOCAL: ISÓTOPOS ESTABLES ^{18}O Y ^2H

La tabla 8.1 recoge los análisis de oxígeno-18 y deuterio realizados sobre las muestras de ambas campañas. Además de las recogidas en los acuíferos de la zona de estudio (n^{os} 1 a 15), se analizaron las dos del Cuaternario del Jalón (n^{os} 16 y 17), la del acuífero de Mediodía (n^{o} 18) y las dos muestras de agua de mar (n^{os} 19 y 20). Asimismo, se han analizado 10 muestras (n^{os} 21 a 30) procedentes de surgencias de aguas someras situadas en el entorno del área de estudio, consideradas como representativas de las precipitaciones de la zona y cuya cota de recarga es conocida. El objetivo de este último grupo es la elaboración de una recta patrón que sirva de referencia para estimar la altitud en que se produce la recarga de los demás puntos de muestreo, así como disponer de una línea meteórica local para el área de la Marina Alta.

La figura 8.1 refleja la gráfica ^{18}O vs. ^2H correspondiente a las muestras representativas de las precipitaciones arriba citadas, así como la recta de ajuste resultante. En la misma se aprecia que la muestra n^{o} 29 difiere sensiblemente de las restantes debido a una deriva de deuterio hacia valores más negativos, que podría estar relacionada con las reservas manifestadas por los responsables del muestreo respecto a la representatividad de dicha muestra. En efecto, la recta reajustada sin dicho punto representada como Línea Meteórica de la Marina Alta (LMMA) en las figuras 8.2 y 8.3, resulta plenamente coherente con las restantes líneas meteóricas representadas en ambas.

Estas últimas figuras reflejan, para cada una de las campañas, la relación ^{18}O vs. ^2H para las muestras n^{os} 1 a 20, junto con las rectas correspondientes a la Línea Meteórica Mundial o recta de Craig (LMM), la Línea Meteórica del Mediterráneo (LMMe), la Línea Meteórica del Mediterráneo Occidental (LMMeO) y, por último, la ya citada Línea Meteórica de la Marina Alta (LMMA).

Los datos correspondientes a la primera campaña muestran un agrupamiento de las muestras en torno a la recta meteórica local (LMMA) y a la del Mediterráneo occidental (LMMeO), ambas muy próximas. Sin embargo, se observa una ligera deriva hacia valores de ^{18}O más pesados, que afecta a las muestras n^{os} 3, 7, 11 y 13, las mismas que el estudio hidroquímico y, como se verá más adelante, también el análisis de los isótopos de azufre y del tritio, conforman como el grupo de las presuntamente más influenciadas por procesos de intrusión marina (posibles procesos de mezcla).

Según se deduce de las figuras 8.1 y 8.2, las concentraciones de oxígeno-18 y deuterio se incrementan a medida que crece la salinidad (secuencia verde→naranja→rojo). Por otra parte, es importante tener presente que si el incremento de la salinidad se debiese a un proceso de disolución, el contenido en isótopos estables no debería modificarse⁵. Sin embargo, en los diagramas ^{18}O vs. salinidad de la figura 8.4 se observa que el contenido isotópico se incrementa a medida que aumenta la salinidad, circunstancia que avala la hipótesis de un proceso de mezcla con agua marina.

⁵ La salinización que se produce por el lixiviado de sales no está acompañada por cambios en el contenido isotópico de los isótopos estables del agua resultante del lixiviado. En este caso, la salinidad es independiente de la composición en isótopos estables. Según esto, en un diagrama ^{18}O versus salinidad tales procesos originan un desplazamiento paralelo al eje de salinidad mientras que no se observan cambios en el gráfico de ^{18}O versus ^2H . A. Plata Bedmar. Curso de Hidrología Isotópica. CEDEX (1996)

7.2.2 Caracterización de las facies hidroquímicas

Con el fin de establecer una clasificación de las aguas en función de su composición química, se ha utilizado como referencia el contenido en iones mayoritarios; el resultado es la relación de facies hidroquímicas predominantes reflejada en la tabla 7.4. Asimismo, se han elaborado sendos diagramas de Langelier-Ludwig correspondientes a cada una de las campañas, en los que se han incluido las dos muestras de agua de mar analizadas (figuras 7.5 y 7.6).

La tabla 7.4 pone de manifiesto el claro predominio de las muestras cloruradas, así como de los cationes sodio y calcio en los tres acuíferos representados en el área de estudio. Únicamente el sondeo La Solana, perteneciente al acuífero Albuerca-Gallinera-Mustalla pero alejado de la zona del Marjal, presenta carácter bicarbonatado cálcico. Aunque no con carácter predominante, este último anión aparece también en el manantial Les Aigües, perteneciente al mismo acuífero pero situado al borde mismo del Marjal; en el sondeo surgente Ullal de Bullent, alimentado por el acuífero detrítico de Pego-Denia y, dentro del acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria, los dos sondeos Segaria (Alto y Bajo) y el sondeo El Salvador. Fuera del ámbito de los acuíferos objeto de estudio, las muestras procedentes del Cuaternario de Jalón tienen carácter sulfatado y clorurado, mientras que la recogida en el acuífero de Mediodía es bicarbonatada cálcica.

El diagrama de Langelier-Ludwig de la figura 7.5 confirma que, en efecto, las aguas investigadas se distribuyen en el tramo comprendido entre dos posiciones extremas, una de ellas representada por la muestra nº 8 –agua bicarbonatada cálcica, la menos mineralizada del grupo–, y la otra por las muestras cloruradas sódicas del manantial Font Salada –nº 11, la más mineralizada del grupo– y de la Balsa Sineu (nº 3), ambas próximas a las posiciones que ocupan las muestras de agua de mar. Este comportamiento se mantiene en el diagrama de la segunda campaña (figura 7.6), si bien en este caso la muestra nº 3 intercambia su posición con la nº 7 (Casa de Bombas de la Finca El Rosario). La muestra nº 18 aparece próxima a la nº 8, si bien debe tenerse en cuenta su pertenencia al acuífero de Mediodía, y la nº 17, recogida sólo en la segunda campaña, corresponde a la muestra sulfatada cálcica del Cuaternario de Jalón.

En el tramo comprendido entre ambos extremos aparecen dos grupos, el primero integrado por las muestras nºs 1, 2, 9, 12 y 16, al que se unen, en la segunda campaña, los dos sondeos Segaria (nºs 4 y 5), y el segundo por las muestras 6, 10, 13, 14 y 15. Según se ha indicado, en la primera campaña la muestra nº 7 aparece integrada en este último grupo, mientras que la nº 3 lo estaría en el de aguas de facies similar a la del agua de mar; sin embargo, en la campaña de octubre ambas posiciones se intercambian.

Según se observa en el siguiente cuadro, cada uno de los grupos o familias de aguas definidos en el diagrama de Langelier se corresponde con un rango de salinidad diferente, que resulta progresivamente creciente a medida que se incrementa su carácter clorurado:

El Salvador). No obstante, dichos resultados evidencian que, salvo el manantial Les Aigües, las aguas que experimentan un descenso en la salinidad entre el primero y el segundo muestreos son las de mayor contenido en sales disueltas, mientras que las que incrementan su contenido en sales son las menos mineralizadas.

Con el fin de profundizar en el análisis de este comportamiento estacional, se intentó establecer la relación entre los caudales de drenaje aforados en la estación de control E-21 del río Bullens y la salinidad de sus aguas. Los resultados obtenidos entre ambos parámetros no permitían obtener conclusiones suficientemente claras (figura 7.3), hecho que tiene que ver, entre otras causas, con la dificultad de medida que ofrece la estación de aforos y la consiguiente escasa fiabilidad de los datos. Ante esta circunstancia se optó por sustituir el término de caudal por el de altura piezométrica en un punto suficientemente representativo del acuífero, ya que es evidente que una mayor altura piezométrica implica un mayor caudal de drenaje del acuífero a través de sus manantiales. En este caso se comparó la evolución del contenido de cloruros durante el período 1985-2000 del manantial de Font Salada (3031-6-1) con la evolución piezométrica durante el mismo período del sondeo 3031-5-29 situado a unos 5,7 km aguas arriba del anterior en el sentido del flujo subterráneo, ambos pertenecientes al acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla. La gráfica resultante, representada en la figura 7.4, confirma la existencia de una relación directa entre la evolución del nivel piezométrico y el contenido de cloruros, lo que obviamente significa que el aumento de las precipitaciones ocasionará un incremento de la salinidad, comportamiento similar al observado en los manantiales salinos arriba citados.

Por último, en el cuadro siguiente se refleja el valor de T.S.D. correspondiente a algunas de las muestras ahora recogidas, y que lo fueron también en diciembre de 2001. Los valores obtenidos son de orden similar a los de la campaña de septiembre-octubre salvo en dos casos: la Font Salada y el Canal del Barranquet.

	Nº Inventario	Toponimia	T.S.D. (mg/l)		
			DIC01	MAY-JUN04	SEP-OCT04
3	E-13	M. Balsa Sineu	2.235	8.425	2.125
6	E-12	Riu Racons	2.103	2.136	1.906
7	E-16	Finca El Rosario	7.208	9.060	7.651
8	293240002	S. La Solana	240	248	284
9	E-4	M. Les Aigües	509	817	630
10	E-6	M. El Solinar	1.220	1.457	1.533
11	303160001	Font Salada	3.361	13.998	11.889
15	E-10	Canal del Barranquet	5.861	3.066	2.178
18	303220058	S. La Bolata	377	247	336

Estos resultados confirman que las variaciones estacionales afectan a las descargas procedentes de los acuíferos Albuerca-Gallinera-Mustalla y Almudaina-Alfaro-Segaria.

	Nº Inventario	Toponimia	Acuífero	T.S.D. (mg/l)		
				MAY-JUN04	SEP-OCT04	Variación
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	1.377	1.402	1,8%
2	303220016	S. El Salvador	AAS	451	816	80,8%
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	8.425	2.125	-74,8%
4	303220025	Segaria Bajo (pozo Moret)	AAS	-	757	-
5	303220026	Segaria Alto (pozo Perla)	AAS	-	799	-
6	E-12	Riu Racons	AAS - PPD	2.136	1.906	-10,8%
7	E-16	Finca El Rosario	AAS - PPD	9.060	7.651	-15,5%
8	293240002	S. La Solana	AGM	248	284	14,8%
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	817	630	-22,9%
10	E-6	M. El Solinar	AGM	1.457	1.533	5,2%
11	303160001	Font Salada	AGM	13.998	11.889	-15,1%
12	U.B.	Ullal de Bullent	PPD	536	645	20,3%
13	M.M.1.	Muestra Marjal-1	PPD	2.788	-	-
14	M.M.2	Muestra Marjal 2	PPD	-	3.780	-
15	E-10	Canal del Barranquet	PPD	3.066	2.178	-29,0%
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	1.302	1.537	18,1%
17	303260054	C.R. Alcalali-Jalón	CJ	-	1.637	-
18	303220058	S. La Bolata	M	247	336	36,1%

Tabla 7.3. Salinidad de las aguas analizadas en ambas campañas

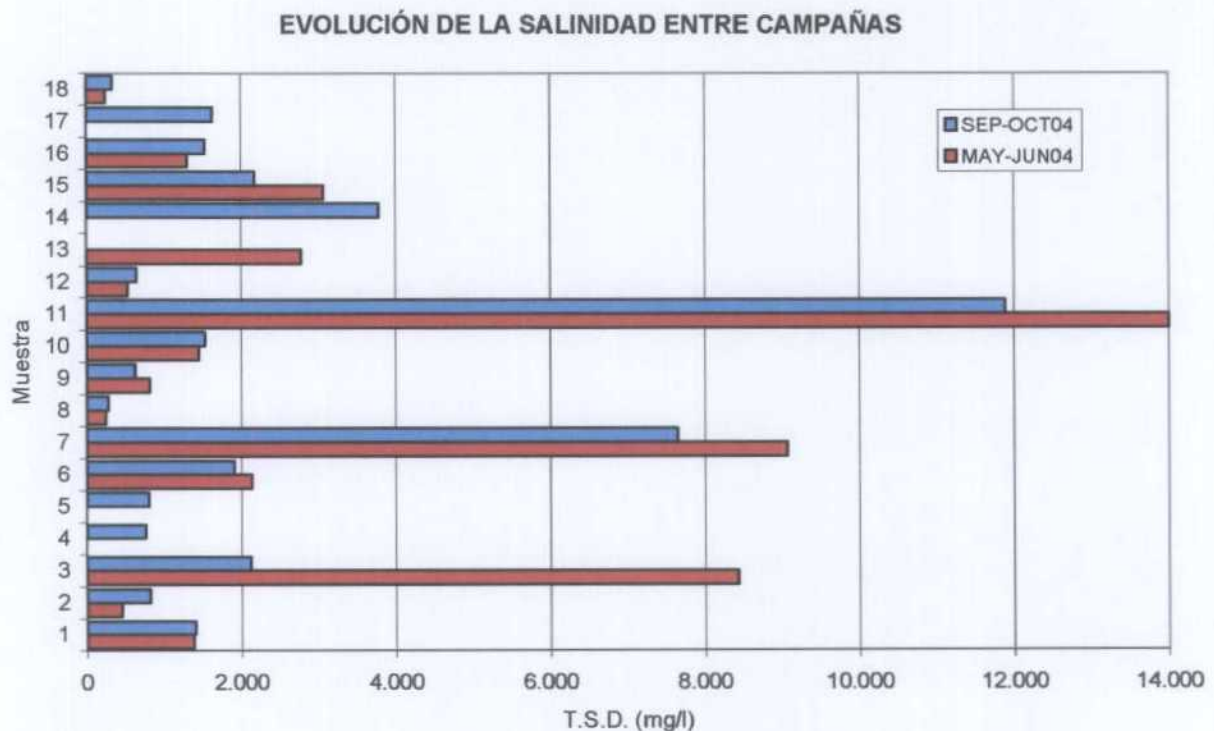


Figura 7.2. Variación de la salinidad entre campañas

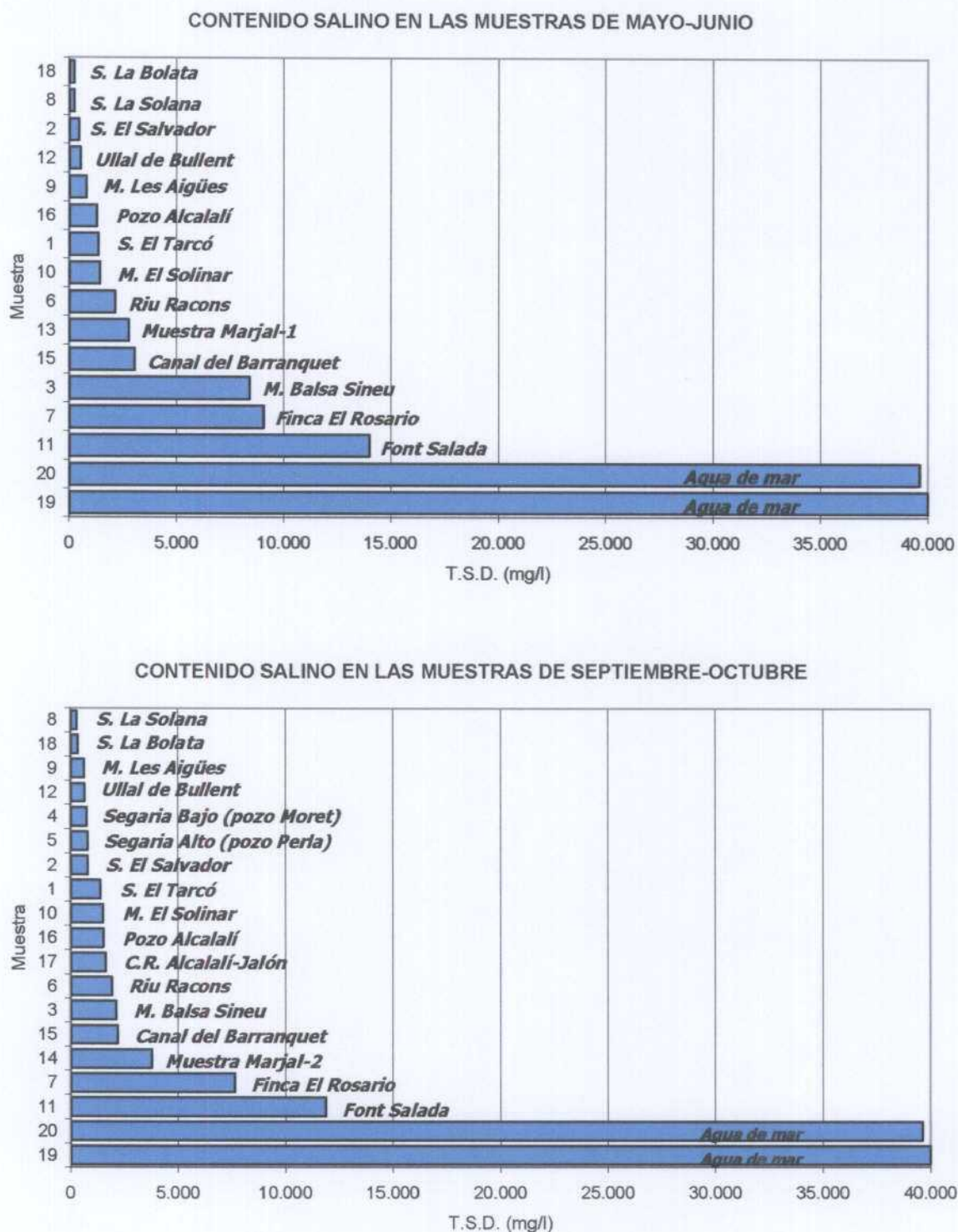


Figura 7.1. Contenido salino de las muestras analizadas (expresado como T.S.D.)

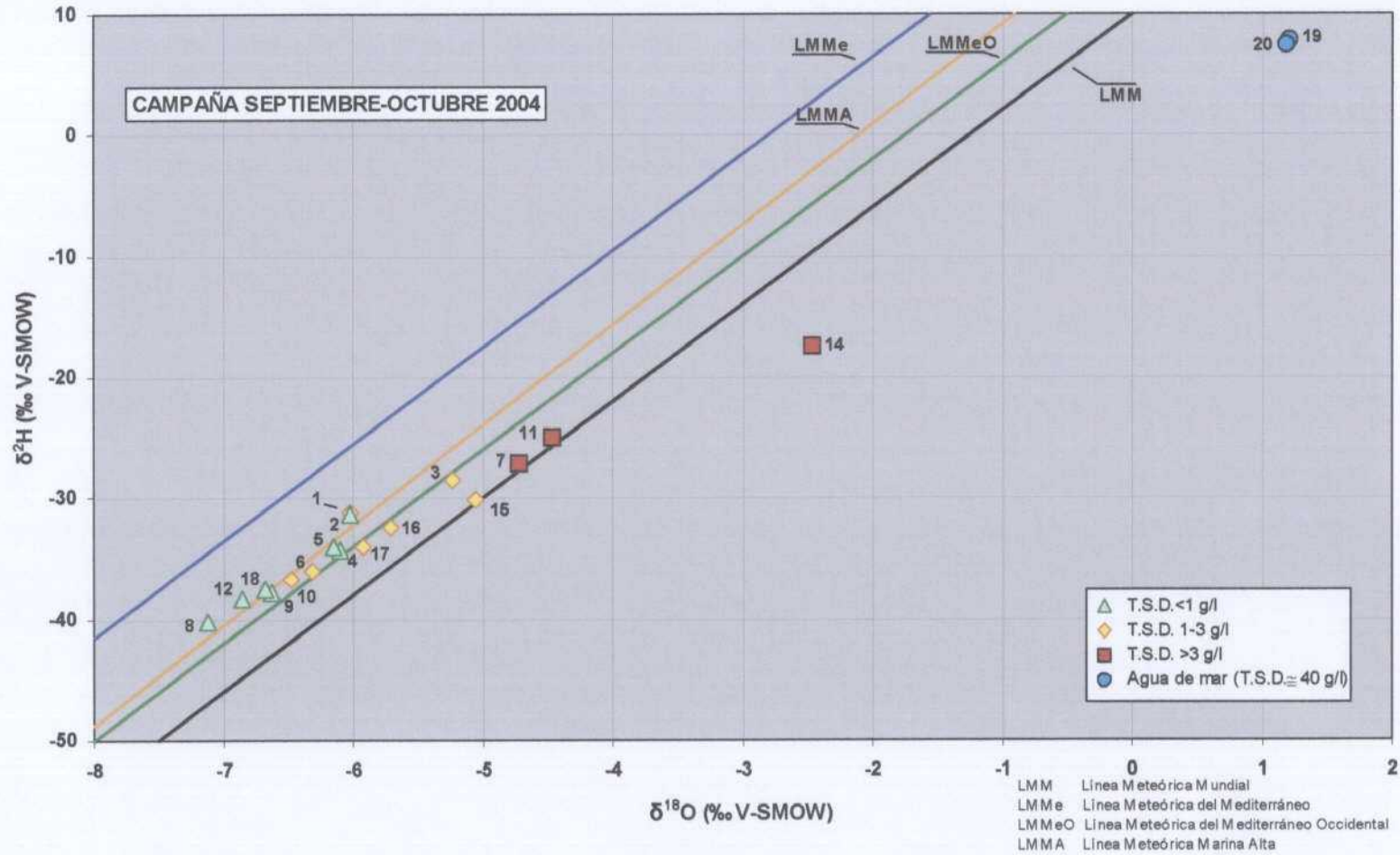


Figura 8.3. Relación ^{18}O vs. ^2H con especificación de salinidad (campaña septiembre-octubre)

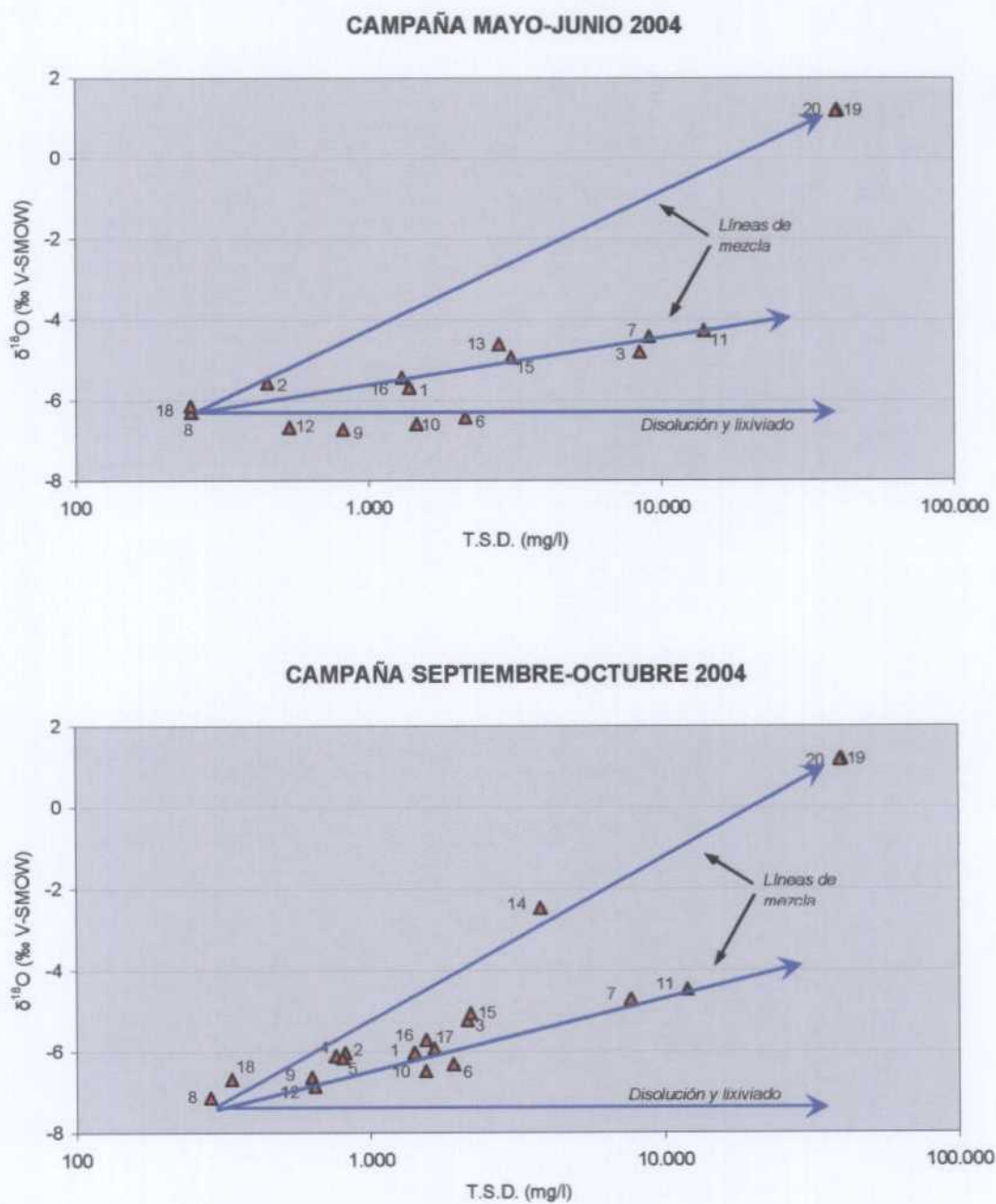


Figura 8.4. Relación T.S.D. vs. $\delta^{18}\text{O}$

7.1 INTRODUCCIÓN

Según se indicó anteriormente, se han recogido y analizado 28 muestras de agua subterránea procedentes tanto del área de estudio (15) como de otras ajenas a la misma (13), en este último caso con el fin de obtener información adicional de interés para los objetivos de la investigación. Asimismo, se han analizado 2 muestras de agua de mar recogidas desde una embarcación frente al litoral del área de estudio. La tabla 7.1 ofrece un resumen de todas las muestras recogidas y analizadas y de las determinaciones *in situ* realizadas en las mismas. Los análisis químicos se reflejan en la tabla 7.2.

Las muestras que serán objeto de estudio en este capítulo son las identificadas con los números 1 a 18, ambos inclusive, en las tablas citadas en el párrafo anterior, así como las muestras de agua de mar nºs 19 y 20. Los análisis de las muestras 21 a 30 se realizaron con el fin de valorar su representatividad como integradoras de las aguas de lluvia y, de este modo, establecer una curva patrón que correlacionase cotas con el contenido de ^{18}O y ^2H del agua, de utilidad para asignar áreas de recarga a las muestras del área de estudio.

7.2 CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA

7.2.1 Evolución estacional de la composición

Los análisis realizados ponen de manifiesto una amplia gama de contenidos salinos, según se aprecia en las gráficas del total de sólidos disueltos (T.S.D.) recogidas en la figura 7.1. Además de las de agua de mar, las muestras que superan los 2 g/l son las siguientes:

Nº orden	Nº inventario	Toponimia
3	E-13	M. Balsa Sineu
6	E-12	Riu Racons
7	E-16	Finca El Rosario
11	303160001	Font Salada
13	M.M.1.	Muestra Marjal-1
14	M.M.2	Muestra Marjal 2
15	E-10	Canal del Barranquet

El cálculo de las variaciones de salinidad producidas entre las muestras que se recogieron en ambas campañas –mayo-junio y septiembre-octubre de 2004– se refleja en la tabla 7.3 y, de forma gráfica, en la figura 7.2. Según se indicó en el capítulo 6, las precipitaciones durante la primera de estas campañas fueron mucho más intensas que en la segunda por lo que, en principio, cabría esperar que el contenido salino fuese más elevado en las muestras recogidas en este último. Sin embargo, la tabla 7.3 ofrece resultados de signo contrario, al punto de que el rango de variación entre campañas oscila entre -74,8% (Balsa Sineu) y +80,8% (sondeo

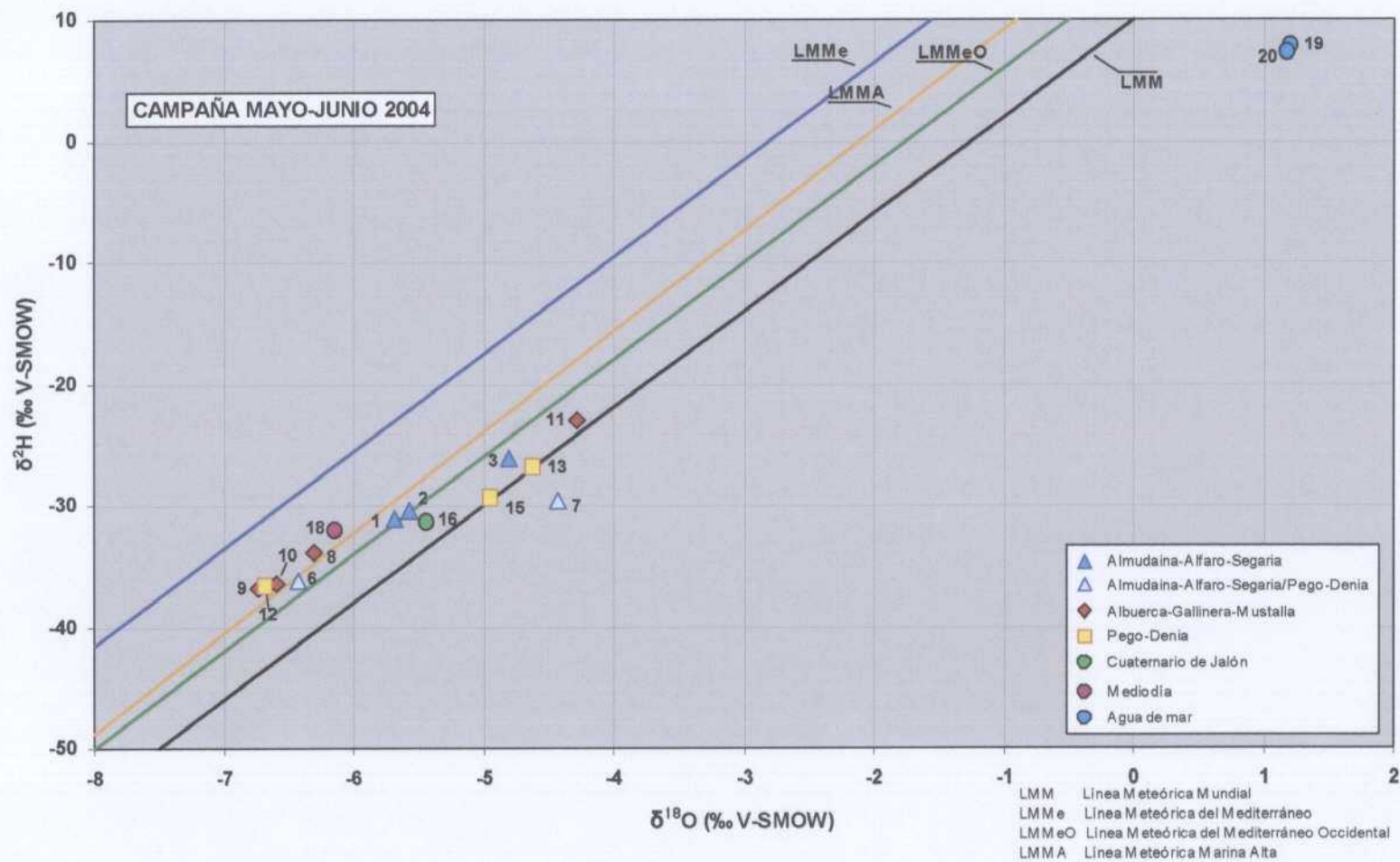


Figura 8.5. Relación ^{18}O vs. ^2H con especificación de acuífero (campaña mayo-junio)

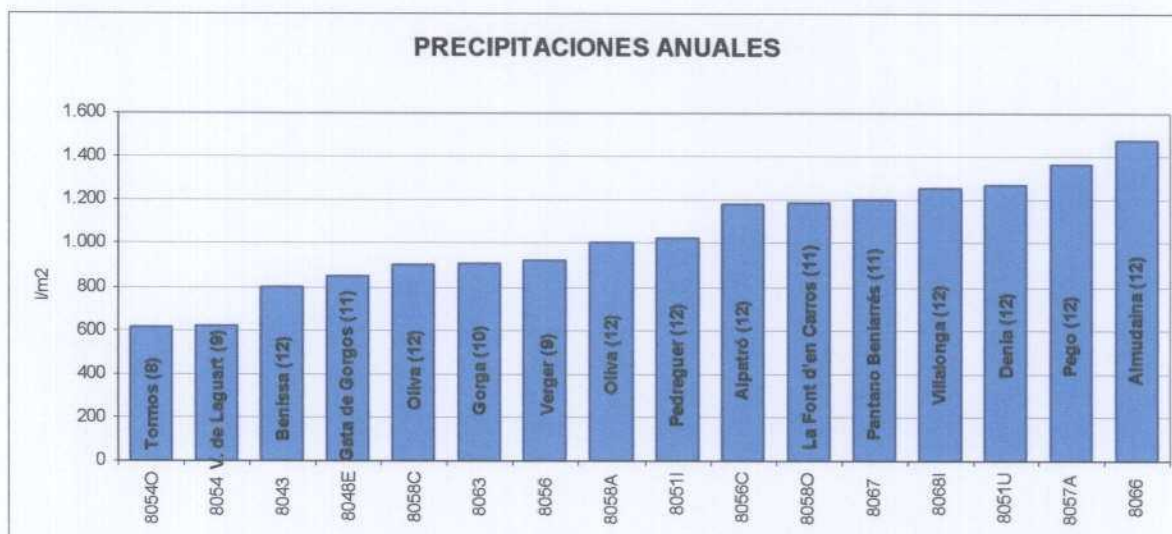


Figura 6.2. Precipitaciones anuales en las estaciones seleccionadas (entre paréntesis, número de meses con datos)

En lo referente a las precipitaciones registradas durante los meses de mayo-junio y septiembre-octubre en que fueron recogidas las muestras, los valores aparecen reflejados en la tabla 6.3. De acuerdo con estos resultados, mayo fue el mes más lluvioso de los cuatro citados en las 16 estaciones, con un rango de 92 - 263 l/m² y un valor promedio de 167,9 l/m²; el más seco fue el mes de septiembre, con un intervalo de 0 - 17,9 l/m² y un valor promedio de 6,3 l/m².

Código estación	Nombre estación	Localidad	Cota (m)	Precipitación (l/m ²)			
				Mayo	Junio	Septiembre	Octubre
8043	Benissa Convento	Benissa	210	119,4	17,1	5,9	13,7
8048E	Gata de Gorgos	Gata de Gorgos	50	168,9	17,0	6	
8051I	Pedreguer	Pedreguer	80	195,0	19,0	1	8
8051U	Denia H S	Denia	15	185,0	22,0	11	8
8054	Vall de Laguart - Fontilles	Vall de Laguart	250	181,0	21,0	16	8,6
8054O	Tormos	Tormos	110	217,0	23,0	8,5	17,4
8056	El Verger - Racons	Verger	21	140,0	21,0		8,3
8056C	Alpatró Cooperativa Agrícola	Alpatró	430	147,6	21,1	6,1	6,7
8057A	Pego Convento	Pego	82	204,6	17,4	17,9	5
8058A	Oliva S E Agraria	Oliva	20	174,5	23,8	7,4	14,5
8058C	Oliva Ayuntamiento	Oliva	5	164,4	23,0	6,5	10,5
8058O	La Font d'en Carros	La Font d'en Carros	77	263,0	20,0	0	8,1
8063	Gorga	Gorga	545	92,0	25,0	Inaprec.	7
8066	Almodaina	Almodaina	586	162,9	21,5	0,5	5,6
8067	Pantano de Beniarrés	Beniarrés	296	124,7		7	4
8068I	Villalonga Cooperativa	Villalonga	95	146,2	12,6	1	
			Promedio	167,9	20,3	6,3	9,0

Tabla 6.3. Precipitaciones durante los meses de muestreo

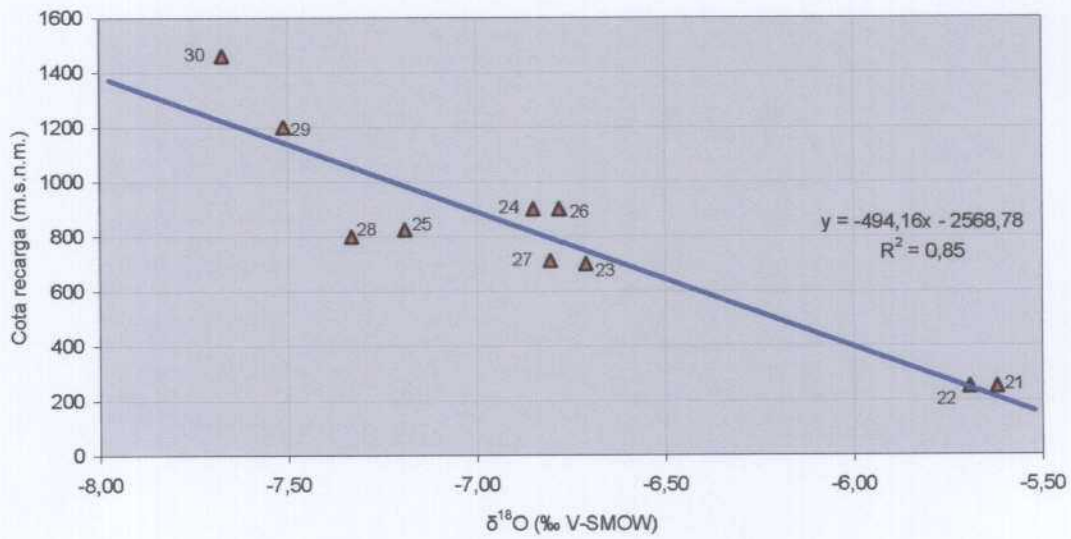


Figura 8.7. Relación ^{18}O vs. cota en las muestras representativas de las precipitaciones

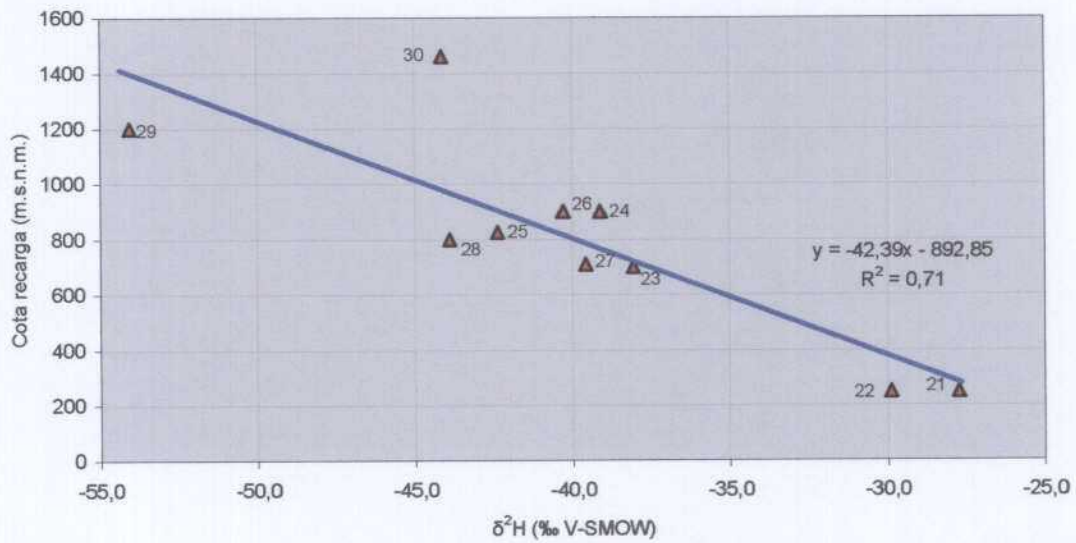


Figura 8.8. Relación ^2H vs. cota en las muestras representativas de las precipitaciones

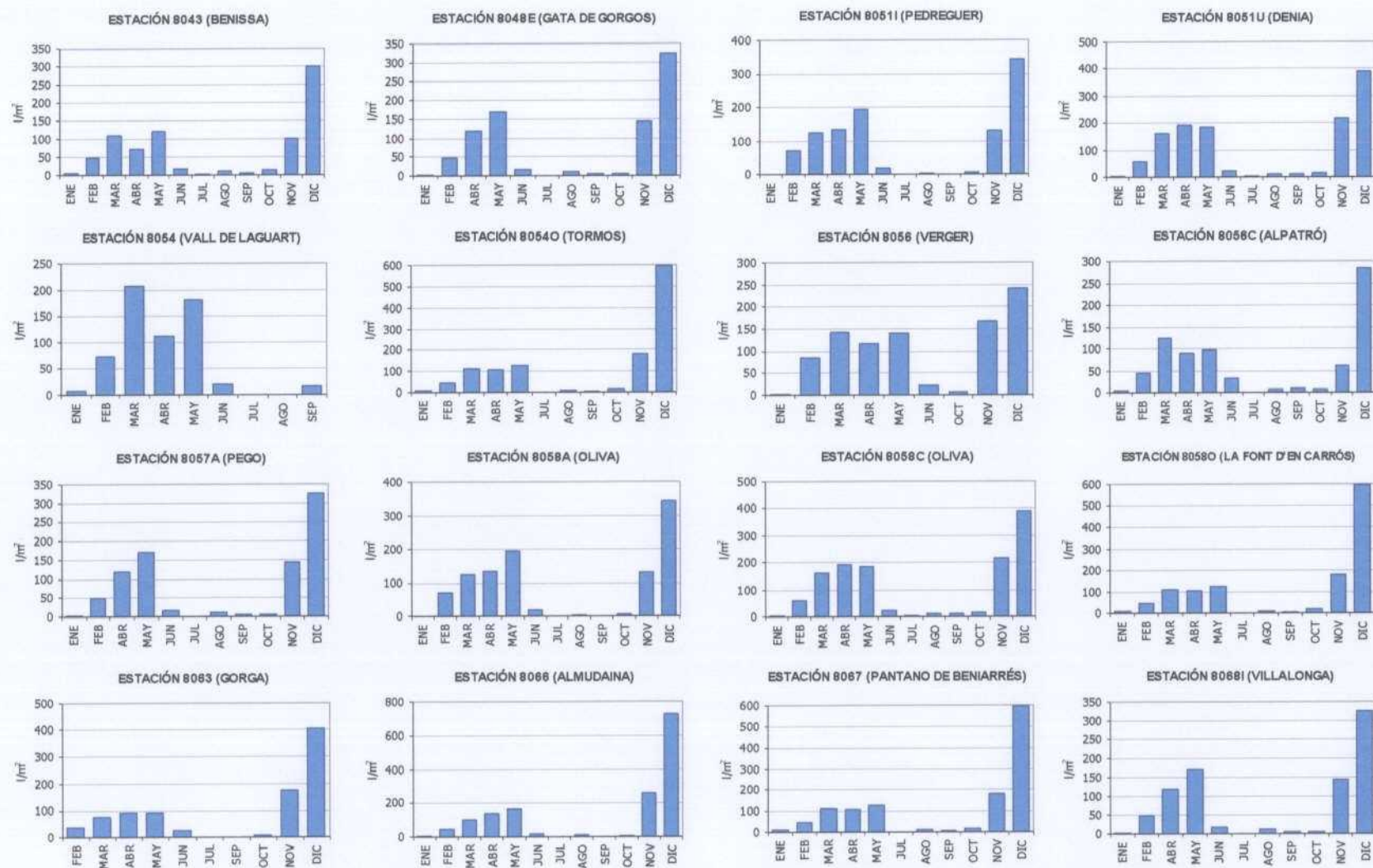


Figura 6.1. Precipitaciones mensuales registradas en las estaciones seleccionadas

Se ha seleccionado un total de 16 estaciones pertenecientes al Instituto Nacional de Meteorología (INM) ubicadas en el área de estudio y su entorno, en las que existen registros de precipitaciones. La relación de las mismas se incluye en la tabla 6.1, y su situación aparece reflejada en el plano de la figura 5.1 incluido en el capítulo precedente.

En el Anexo 1 se incluye la relación pormenorizada de las precipitaciones mensuales registradas en las 16 estaciones indicadas durante 2004, año en el que se realizaron los muestreos. Estos datos se representan gráficamente en la figura 6.1. Las estaciones más próximas al área de estudio son las siguientes:

Estación	Nº meses con datos	Estación	Nº meses con datos
8058A	12	8057A	12
8058C	12	8054	9
8058O	11	8054O	8
8068I	12	8056	9

Según se deduce de los totales anuales representados en la tabla 6.2 y figura 6.2, la precipitación más elevada entre las cuatro estaciones de este grupo que disponen de datos para todos los meses del año correspondió a la situada en Pego (8057A), con 1.363,8 l/m², mientras que la menor se registró en la localidad de Oliva (8058C), a unos 3,5 km de la anterior, en la que se midió un volumen de lluvia de 902 l/m². Estos datos y los representados en la figura 6.1 indican que el 2004 fue un año húmedo en la comarca de la Marina Alta y sus alrededores, especialmente el mes de diciembre y el período febrero-mayo. Téngase en cuenta a este respecto que, según los datos del INM, la precipitación media anual durante el período 1971-2000 en las ciudades de Alicante y Valencia fue de, respectivamente, 336 l/m² y 454 l/m².

Las gráficas de correlación representadas en la figura 6.3 evidencian que, en el grupo de las estaciones seleccionadas, no existe correlación entre las precipitaciones registradas y la cota, ni tampoco entre aquéllas y la distancia de la estación a la costa.

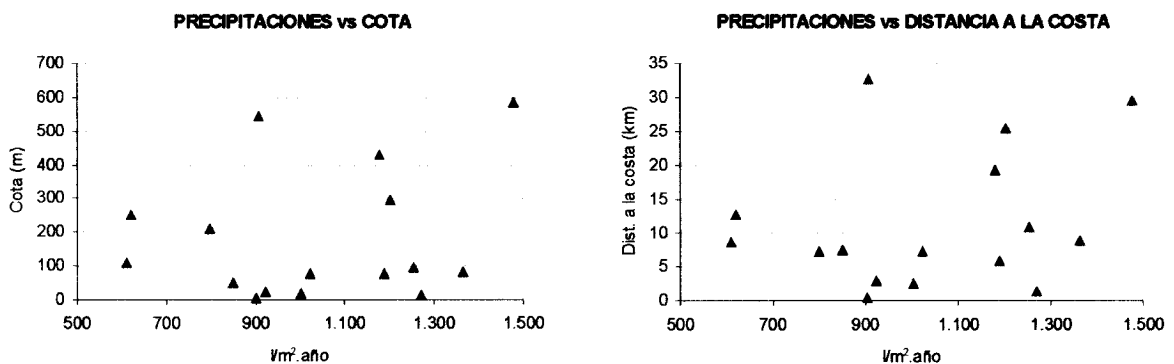
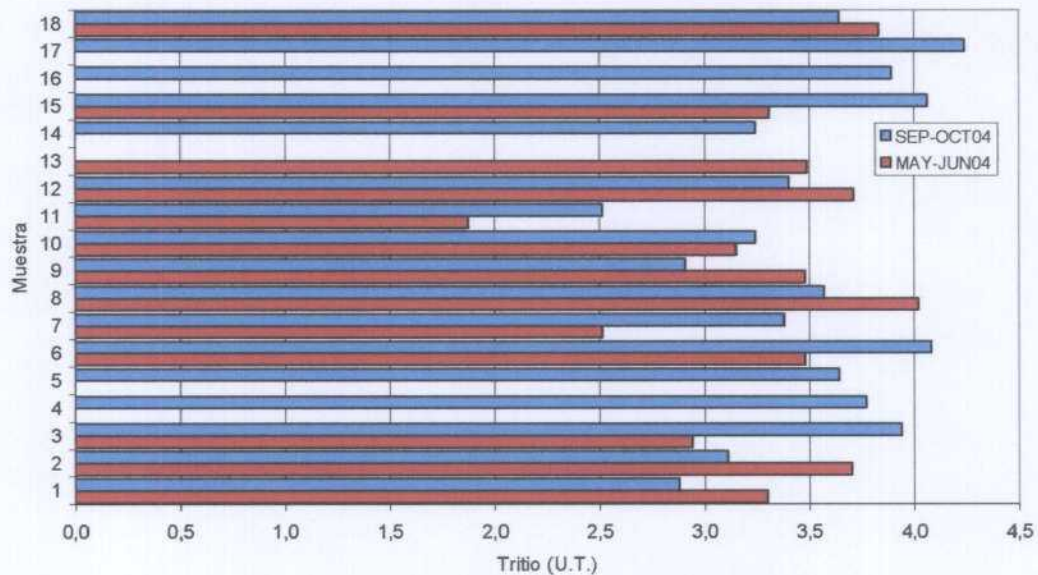


Figura 6.3. Relación de las precipitaciones con la cota y la distancia a la costa de las estaciones

EVOLUCIÓN DEL TRITIO ENTRE CAMPAÑAS



	Nº Inventario	Toponimia	Acuífero	Tritio (U.T.)			
				MAY-JUN04	SEP-OCT04	Promedio	Variación
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	3,30 ±0,45	2,88 ±0,39	3,09	-12,7%
2	303220016	S. El Salvador	AAS	3,70 ±0,46	3,11 ±0,40	3,41	-15,9%
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	2,94 ±0,40	3,94 ±0,44	3,44	34,0%
4	303220025	Segaria Bajo (pozo Moret)	AAS	-	3,77 ±0,41	3,77	-
5	303220026	Segaria Alto (pozo Perla)	AAS	-	3,64 ±0,42	3,64	-
6	E-12	Riu Racons	AAS - PPD	3,48 ±0,42	4,08 ±0,44	3,78	17,2%
7	E-16	Finca El Rosario	AAS - PPD	2,51 ±0,39	3,38 ±0,42	2,95	34,7%
8	293240002	S. La Solana	AGM	4,02 ±0,44	3,57 ±0,41	3,80	-11,2%
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	3,48 ±0,42	2,91 ±0,39	3,20	-16,4%
10	E-6	M. El Solinar	AGM	3,15 ±0,41	3,24 ±0,40	3,20	2,9%
11	E-8	Font Salada	AGM	1,87 ±0,36	2,51 ±0,39	2,19	34,2%
12	U.B.	Ullal de Bullent	PPD	3,71 ±0,43	3,40 ±0,41	3,56	-8,4%
13	M.M.1.	Muestra Marjal-1	PPD	3,49 ±0,42	-	3,49	-
14	M.M.2	Muestra Marjal 2	PPD	-	3,24 ±0,40	3,24	-
15	E-10	Canal del Barranquet	PPD	3,31 ±0,42	4,06 ±0,44	3,69	22,7%
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	-	3,89 ±0,44	3,89	-
17	303260054	C.R. Alcalali-Jalón	CJ	-	4,24 ±0,45	4,24	-
18	303220058	S. La Bolata	M	3,83 ±0,47	3,64 ±0,40	3,74	-5,0%

Tabla 8.3.- Determinaciones de tritio

El segundo grupo de puntos muestreados ajenos al área de estudio corresponde a una serie de manantiales situados en la comarca de la Marina Alta y su entorno próximo, seleccionados en función de su capacidad para representar la composición isotópica –deuterio y oxígeno-18– de las precipitaciones registradas en la zona de estudio a diferentes altitudes. El objetivo es obtener una curva patrón $^{18}\text{O}/^2\text{H}$ vs. cota, que permita estimar la altura en que se produce la infiltración que alimenta los puntos pertenecientes a los acuíferos en estudio y, a partir de este dato, la ubicación más probable el área de recarga. Los manantiales pertenecientes al citado segundo grupo figuran en la tabla 5.2 con los n^{os} 21 a 30, en la que también se incluyen las dos muestras de agua de mar (n^{os} 19 y 20) recogidas frente a la costa de Denia.

Nº de orden	Nº Inventario	Toponimia	Acuífero	UTM		Huso	Cota (m)
				X	Y		
16	P.A.	Pozo Alcalali	CJ	757000	4292908	30	211
17	303260054	C.R. Alcalali-Jalón	CJ	757240	4292736	30	210
18	303220058	S. La Bolata	M	754771	4299561	30	103
19	MM-1	Agua de mar		775200	4308380	30	-1,5
20	MM-2	Agua de mar		772000	4307300	30	-1,5
21	F.M.A.	Font de Mortits Alto	AAS	754735	4301555	30	180
22	F.M.B.	Font de Mortits Bajo	AAS	754698	4301553	30	170
23	293280009	Font de Espelda	CJ	743700	4293160	30	700
24	293280033	Fte. Nueva	?	739490	4290720	30	710
25	293230021	Font d'els Petits	AAS	736615	4293320	30	760
26	293280016	Fte. Espiritu Santo	M	737700	4290090	30	760
27	293240011	Manantial Beniaya		737125	4295050	30	680
28	293230016	Font Vella (Tollos)		736677	4293291	30	750
29	293270028	Serrella		736061	4288729	30	1.110
30	293340012	La Forata (Sierra Aitana)		738296	4282054	30	1.380

Tabla 5.2. Relación de puntos de muestreo ajenos a los acuíferos en estudio

Nº Inventario	UTM		Identificación
	X	Y	
303260080			Podría hallarse en una caseta cerrada situada unos 50 m antes del camino que conduce a los depósitos abastecidos por el sondeo 303260054. Está a escasos metros de la carretera
Sondeo "Diputación"	756802	4291212	Sondeo cerrado y sin equipar realizado por la Diputación de Alicante.
Sondeo "B"	757250	4292734	Situado junto al 303260054 y también perteneciente a la Comunidad de Regantes Alcalalí-Jalón que, según el Ayuntamiento, no funciona.
Sondeo "Palet"	757151	4291840	Sondeo abandonado y sin tubería, cubierto con un palet, en el camino que conduce hacia el sondeo 303260056, junto a una caseta.
Sondeo Salado "P"	756245	4291894	Sondeo encerrado en una caseta al que no pudo accederse
Sondeo "Cuerdas"	756671	4291894	Sondeo con una cabeza de pozo similar a las que coloca Diputación. Su aspecto indica que esta equipado para riego, si bien cuando se visitó no funcionaba, y tampoco fue posible muestrearlo debido a que no dispone de espacio para introducir el tomamuestras

5.2.2 Puntos relacionados con procesos intrusivos antrópicos

Por las razones arriba citadas, también se intentó recoger muestras en otras captaciones inequívocamente influenciadas por procesos de intrusión. Lamentablemente, los tres sondeos en los que *a priori* se tenía constancia de tal afección, todos ellos próximos a la carretera CV-700 que une las localidades de Verger y Pego, se hallaban cerrados y fuera de uso debido, precisamente, a las pésimas condiciones del agua. Se trata de los siguientes:

Nº Inventario	UTM		Identificación
	X	Y	
303160007	757929	4304762	Sondeo encerrado en una edificación cerrada cuyo aspecto hace suponer que se halla fuera de uso.
Calpero-1	758842	4305005	Sondeos sin equipar realizados por la Diputación de Alicante, con tapa soldada que impide la introducción del tomamuestras.
Calpero-2	758417	4304730	

5.2.3 Manantiales para determinación de la Línea Meteórica Local

En tales circunstancias, se optó por muestrear dos sondeos en funcionamiento pertenecientes al acuífero de Segaria cercanos a la costa, que habitualmente muestran signos de intrusión en períodos de estiaje y elevado consumo (los ya descritos n^{os} 4 y 5 de la tabla 5.1). No obstante, tampoco en este caso hubo fortuna pues, como se indicará más adelante, la abundancia de precipitaciones registrada durante el año 2004 en la zona de la Marina Alta evitó que dicho fenómeno se manifestase al menos, en los puntos seleccionados.

Punto nºs 13 y 14: Muestras Marjal-1 y Marjal-2 (M.M.1. y M.M.2.)

Ambas muestras se recogieron en la lámina de agua que cubre el Marjal. La M.M.1. se encuentra a unos 650 m del Manantial Balsa Sineu, próximo a la Sequia Vella del Riu Racons, y la M.M.2. a unos 600 m al norte de la anterior. Si bien su origen es difícil de determinar, cabe suponer que se trate de muestras del acuífero de la Plana de Pegó-Denia, si bien podrían estar influenciadas por las descargas del Bullens, o incluso del Racons.

Punto nº 15: Canal del Barranquet (E-10)

El punto de muestreo se encuentra a unos 70 m la derecha de la carretera N-332 en sentido Gandía, a la altura del p.k. 178,200. Este canal recibe los aportes de otros canales secundarios de drenaje de la Marjal, por lo que se puede considerar que integra aguas procedentes del propio acuífero Pegó-Denia con otras posibles aportaciones de los acuíferos limítrofes.

5.2 PUNTOS AJENOS A LOS ACUÍFEROS EN ESTUDIO

5.2.1 Puntos relacionados con formaciones evaporíticas

Dentro de este grupo se encuentran, en primer lugar, dos captaciones situadas sobre el acuífero Cuaternario del Jalón, que se muestrearon con objeto de comprobar si su composición podría estar influenciada por facies evaporíticas y, si así fuese, determinar las características hidroquímicas e isotópicas del agua asociadas a dicha influencia. Puesto que la distancia de ambos puntos a la costa excluye la posibilidad de intrusión marina, se planteó que de esta caracterización podrían llegar a deducirse ciertos rasgos definidores de un origen evaporítico, los cuales podrían utilizarse como elemento discriminatorio de una salinidad asociada a procesos de intrusión marina en aquellos puntos donde, simultáneamente, exista también esta última posibilidad, cuestión de notable interés para el estudio.

Las dos captaciones señaladas al principio se incluyen en la tabla 5.2 con los números 16 (pozo Alcalalí) y 17 (sondeo de 80 m perteneciente a la Comunidad de Regantes Alcalalí-Jalón). Ambas se encuentran a unos 500 m al suroeste de la localidad de Alcalalí; la primera corresponde a un pozo excavado aparentemente sin uso, y la segunda a un sondeo cuyo muestreo hubo de realizarse en el depósito donde descarga, al que se accede a través de un camino rural que parte de la carretera que une Parcent y Alcalalí, a 1,5 km de esta última localidad. Además de estos dos puntos, se visitaron en la misma área los que se incluyen en el siguiente cuadro, si bien su muestreo no fue posible por las razones que se indican:

Punto nº 7: Casa de Bombas Finca El Rosario (E-16)

La muestra se recogió a la entrada de la Estación de Bombeo de la Finca El Rosario, cuyo objetivo es mantener el nivel piezométrico deprimido con el fin de que no invada las plantaciones de naranjos existentes en la misma. Dicha estación se encuentra en el extremo de un canal rectilíneo que, según el plano topográfico 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional, recibe el nombre de Riu Racons. Su ubicación permite afirmar que se trata de una descarga del acuífero de Almodaina-Alfaro-Segaria, si bien cabe suponer que también recoja aguas procedentes del acuífero detrítico del Marjal de Pego. Asimismo, la cota del agua y la distancia a la línea de costa –2 metros por debajo del nivel del mar a 1.500 metros del litoral– hacen posible la existencia de un proceso de intrusión marina.

Punto nº 8: Sondeo La Solana (293240002)

Sondeo de abastecimiento urbano de 300 m de profundidad situado en Vall de Gallinera, al sur de la sierra del Almirante, en la zona de transición de la Sierra de La Foradá y Sierra La Canal. Capta el acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla. El acceso se realiza a través de un camino rural asfaltado que se inicia en la carretera CV-700, a la salida de Benialí y a la izquierda en sentido Adsubia.

Punto nº 9: Manantial Les Aigües (E-4)

La surgencia se encuentra a la altura del p.k. 4,850 de la CV-715, a la derecha de la carretera en sentido Pego, frente al restaurante ubicado en este punto. El manantial constituye una descarga del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla a favor del Barranco de Penyalba, próximo a la zona de cabecera del Riu Bullent.

Punto nº 10: Manantial El Solinar (E-6)

Esta surgencia forma una amplia charca regulada a través de una compuerta, junto a la que se recogió la muestra. Constituye una descarga del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla, que drena hacia el Riu Bullent.

Punto nº 11: Manantial Font Salada (303160001)

Se trata de una surgencia salina situada al pie del Alto del Rincón, en el extremo oriental de la Sierra de Mustalla, acondicionada en forma de estanque de uso público. Constituye una descarga del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla.

Punto nº 12: Ullal de Bullent (U.B.)

Se trata de un sondeo surgente situado en el Marjal de Pego, cuya profundidad no excede de 60 m. Atendiendo a esta circunstancia y a sus características químicas, se considera que capta el acuífero detrítico de Pego-Denia.

Punto nº 1: Sondeo El Tarcó (303160033)

Sondeo de uso agrícola con una profundidad de 76 metros, al que se accede a través de un camino rural que parte de la carretera CV-700 que une las localidades de Verger y Pego, a unos dos kilómetros de esta última. Pertenece al acuífero de Segaria, si bien se halla próximo al límite de este último con el acuífero de la Plana de Pego-Denia.

Punto nº 2: Sondeo El Salvador (303220016)

Sondeo propiedad de una sociedad de regantes. Originalmente era un pozo excavado de 68 m, que posteriormente se reprofundizó mediante la perforación de un sondeo hasta 140 m. Está situado en el extremo occidental de la Sierra de Segaria, aproximadamente a 1 km al norte de la localidad de Ráfol de Almunia, junto a la carretera que enlaza esta última con la carretera Pego-Verger. Pertenece al acuífero Almudaina-Alfaro-Segaria, probablemente a la subunidad Segaria. Según ha podido comprobarse a través de sucesivos muestreos realizados hasta el presente y, según confirma el encargado del pozo, los descensos de nivel en este último van acompañados de incrementos notables del contenido salino del agua extraída. Sirva de ejemplo el hecho de que, entre los años 2003 y 2004, el rango de cloruros en las muestras recogidas osciló entre 108 y 924 mg/l.

Punto nº 3: Manantial Balsa Sineu (E-13)

Esta surgencia forma una gran charca situada a la altura del p.k. 50,900 de la CV-700. El muestreo se llevó a cabo desde un antiguo puente de piedra situado sobre esta última. El acceso se realiza a través de un camino rural que discurre paralelo al trazado del río. Corresponde a una importante descarga del acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria.

Punto nºs 4 y 5: Sondeos Segaria Bajo o pozo "Moret" (303220025) y Segaria Alto o pozo "Perla" (303230026)

Ambos sondeos, destinados al uso agrícola, se muestrearon en el depósito donde descargan las tuberías provenientes de los mismos dado que, según el encargado, es éste el punto más próximo a las captaciones donde el agua es accesible. En ambos casos la profundidad –100 m– y el acuífero captado –Almudaina-Alfaro-Segaria– son los mismos. Entre los antecedentes de estos sondeos destaca el hecho de que su mineralización evoluciona en razón directa al descenso del nivel piezométrico en los mismos.

Punto nº 6: Riu Racons (E-12)

El muestreo se realizó desde un puente que cruza la Sequia Vella de Racons situado aproximadamente a la altura del p.k. 50,900 de la CV-700, al que se accede a través de un camino rural que discurre paralelo al trazado del río. Si bien se considera una descarga del acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria, exista la posibilidad de que también recoja aguas procedentes del acuífero detrítico de la Marjal de Pego.

la Finca El Rosario con el fin de mantener el nivel piezométrico deprimido y así evitar que los cítricos resulten afectados es, además de intenso, permanente, circunstancia que no se produce en el caso de la Font Salada.

En resumen, las concentraciones de tritio halladas según el modelo de pistón, situadas en el rango 2,19-3,80 U.T., excluyen la existencia de aguas de antigüedad mayor de 50 años, y apuntan a aguas infiltradas hace aproximadamente 10-15 años. Sin embargo, los datos geoquímicos apoyan la tesis de un modelo intermedio de mezcla, en cuyo caso las concentraciones medidas resultarían de la mezcla de aguas recientes con otras de mayor antigüedad, entre las que se encuentran las de origen marino.

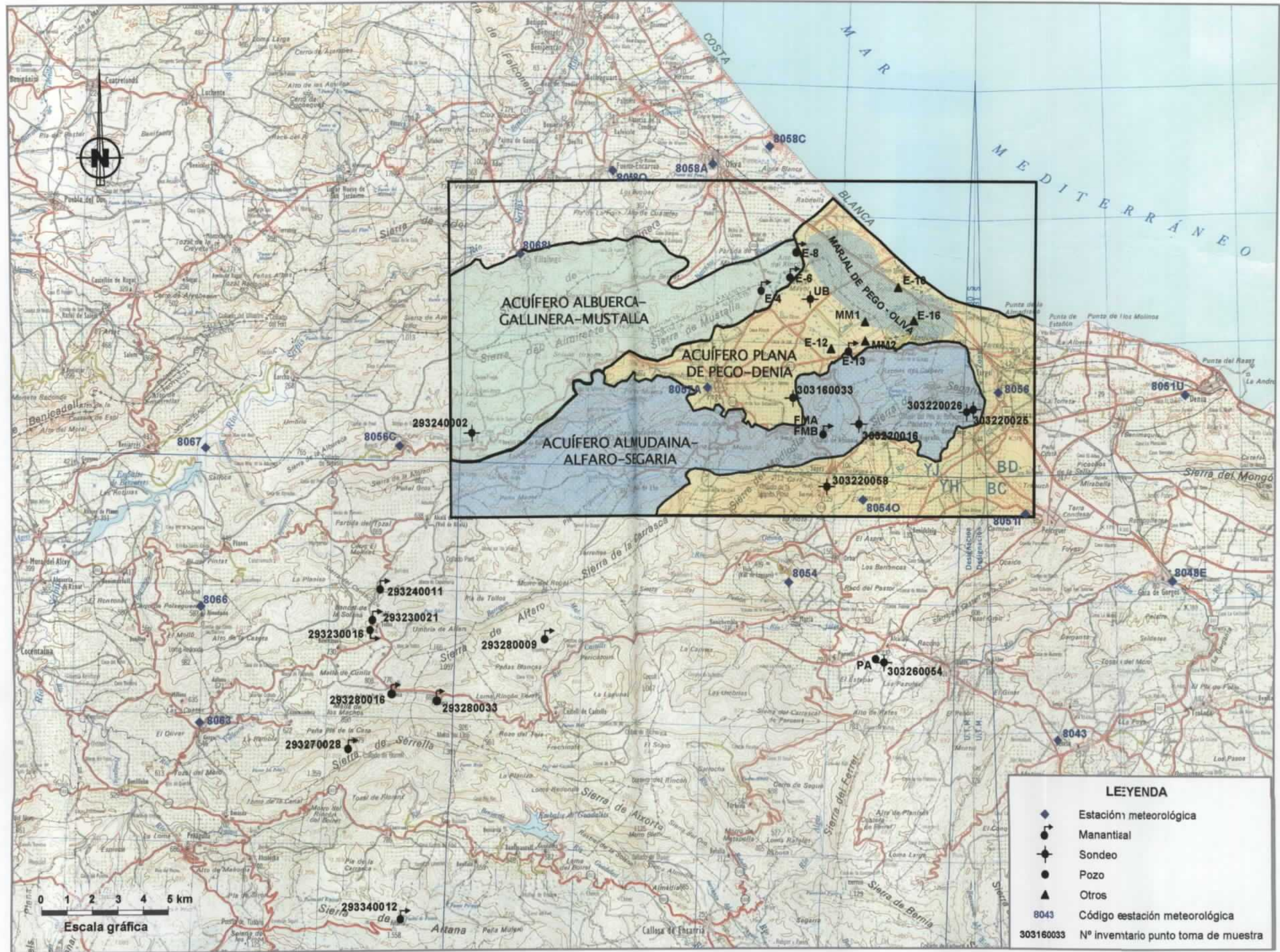


Figura 5.1. Situación de puntos de muestreo y estaciones pluviométricas

La clasificación primaria de los puntos de muestreo seleccionados es la siguiente:

- Puntos pertenecientes a los acuíferos objeto de estudio.
- Puntos ajenos a los acuíferos en estudio, pero que pueden proporcionar información hidroquímica e isotópica de interés para sus objetivos, así como dos muestras de agua de mar.

Además de los anteriores, se visitó otro grupo de sondeos también con intención de recoger sendas muestras, si bien ello no fue posible por diversas razones que se expondrán más adelante. La totalidad de los puntos muestreados se refleja en el plano de la figura 5.1.

5.1 PUNTOS PERTENECIENTES A LOS ACUÍFEROS EN ESTUDIO

Se han recogido muestras de agua en un total de 15 puntos, cuyos datos de inventario se incluyen en la tabla 5.1 y su ubicación en el plano de detalle de la figura 5.2. En síntesis, se muestrearon 4 puntos pertenecientes al acuífero Albuerca-Gallinera-Mustalla (AGM), 7 al de Almodaina-Alfaro-Segaria (AAS) y 4 al acuífero de la Plana de Pego-Denia (PD).

Nº de orden	Nº Inventario	Toponimia	Acuífero	UTM		Huso	Cota (m.s.n.m.)
				X	Y		
1	303160033	S. El Tarcó	AAS	753420	4302922	30	50
2	303220016	S. El Salvador	AAS	755884	4302020	30	110
3	E-13	M. Balsa Sineu	AAS	755520	4304800	30	4
4	303220025	Segaria Bajo (pozo Moret)	AAS	760340	4302720	30	40
5	303220026	Segaria Alto (pozo Perla)	AAS	760140	4302590	30	44
6	E-12	Riu Racons	AAS - PD	754773	4304890	30	5
7	E-16	Finca El Rosario	AAS - PD	758020	4306032	30	-2
8	293240002	S. La Solana	AGM	740708	4301127	30	290
9	E-4	M. Les Aigües	AGM	751980	4307112	30	10
10	E-6	M. El Solinar	AGM	753123	4307592	30	10
11	303160001	Font Salada	AGM	753420	4308582	30	6
12	U.B.	Ullal de Bullent	PD	753955	4306833	30	2,5
13	M.M.1.	Muestra Marjal-1	PD	756090	4305895	30	2,3
14	M.M.2.	Muestra Marjal 2	PD	756144	4305145	30	2,5
15	E-10	Canal del Barranquet	PD	757419	4307265	30	3,5

Tabla 5.1. Relación de puntos de muestreo en los acuíferos en estudio

El nº de orden que aparece en esta tabla junto al de inventario servirá para identificar los puntos, de una manera más sencilla, en las diferentes gráficas que aparecen en la presente Memoria. A continuación se ofrece una breve descripción de cada uno de ellos.

5. SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

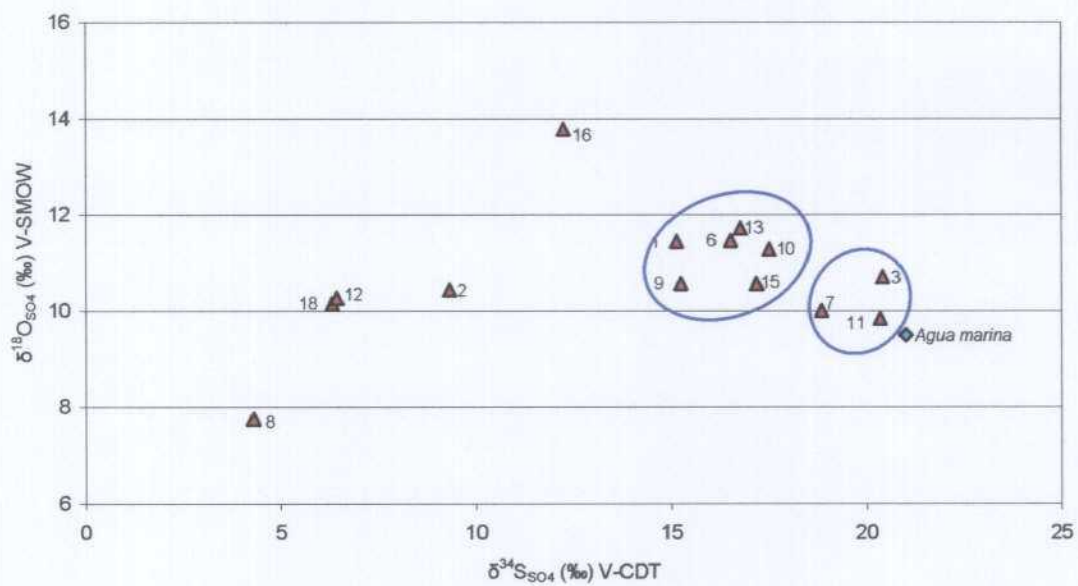


FIGURA 8.13.- Relación ^{34}S vs. ^{18}O

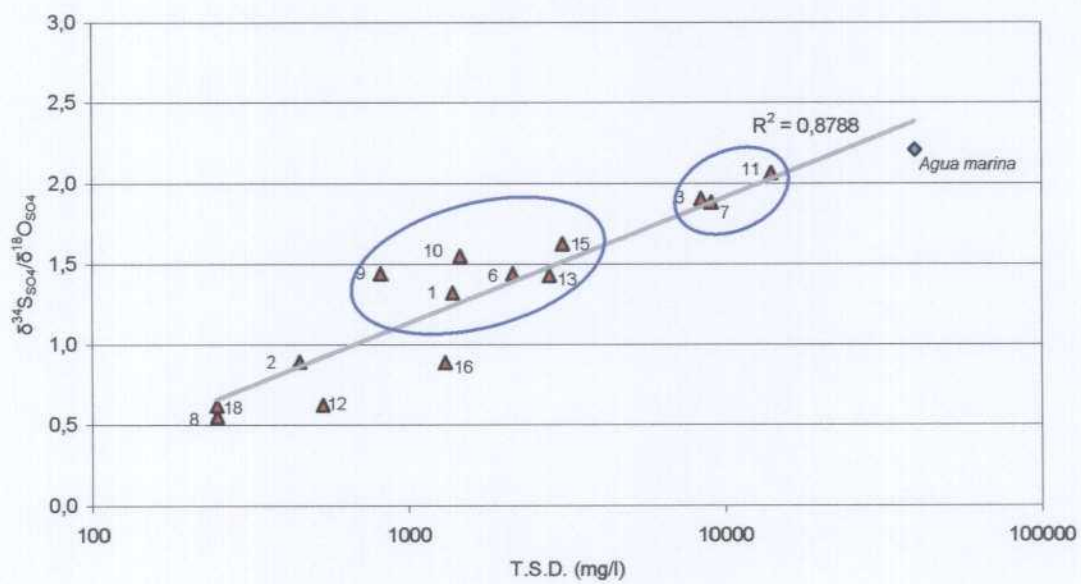


FIGURA 8.14.- Relación $^{34}\text{S}/^{18}\text{O}$ vs. T.S.D.

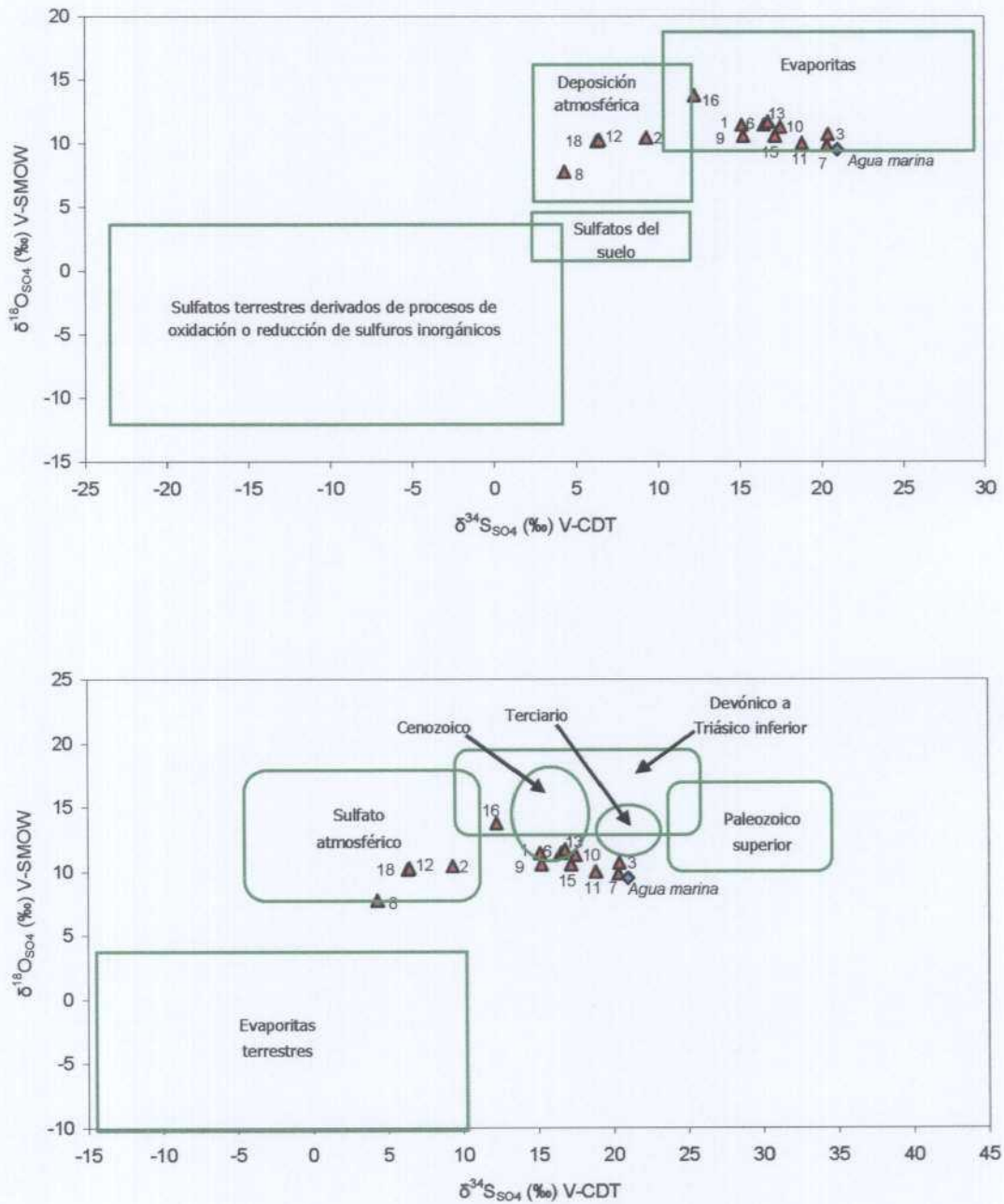


FIGURA 8.15.- Situación de las muestras respecto a valores de referencia de la relación $^{34}\text{S}/^{18}\text{O}$

que, en la mayor parte de la zona occidental de Almudaina-Alfaro, las transmisividades oscilan entre 200 y 800 m²/día, mientras que en la oriental son del orden de 1.000 m²/día, con máximos de 1.200 a 1.500 m²/día. En la subunidad de Segaria las cifras oscilan entre 1.000 y 5.000 m²/día, con un valor medio de 2.000 a 3.000 m²/día, disminuyendo fuertemente en su sector más occidental (S y E de Pego), donde se alcanzan valores entre 100 y 200 m²/día.

4.3.3 Piezometría

En la subunidad de Almudaina-Alfaro, la cota de la superficie piezométrica varía desde valores próximos a los 220-270 m.s.n.m. e incluso superiores en años excepcionalmente lluviosos, hasta valores cercanos a los 60-70 m.s.n.m. al sur de Pego. En la divisoria que separa las dos subunidades se produce un salto piezométrico, con descenso de los niveles hasta cotas situadas entre los 15 metros y el nivel del mar, llegando a alcanzarse, en ciertas épocas del año, valores negativos en el extremo oriental del sector de Segaria.

La evolución del nivel piezométrico únicamente se conoce en el sector oriental, ya que apenas se dispone de datos en el resto del acuífero debido a que sólo tres o cuatro sondeos captan el nivel regional, según los cuales el agua se hallaría a gran profundidad. Por otra parte, existen acuíferos de pequeña entidad o niveles colgados a lo largo de la unidad, como el acuífero de Millena-Benimasot y las estructuras de Margarida y de Vall de Alcalá, de las que se abastecen ambos municipios, sin relación con la verdadera posición de la superficie piezométrica regional.

En general se observa una cierta estabilidad en la secuencia de medidas, con descensos acusados de los niveles al final de periodos muy secos, momento en el que prácticamente se produce el colapso de la subunidad de Segaria, situándose la superficie piezométrica de casi todo el acuífero por debajo del nivel del mar (en 1984 y 1985 se llegó a los -5 m.s.n.m en el punto 3031-7-4). Los niveles se recuperan en periodos húmedos hasta alcanzar sus cotas habituales.

4.3.4 Funcionamiento hidráulico y balance hídrico

La circulación del agua subterránea tiene lugar en sentido SO-NE, siguiendo la alineación tectónica de las sierras que constituyen el sistema, según un flujo que se dirige desde las áreas de alimentación hacia la zona de descarga con un gradiente hidráulico del 1% hasta la localidad de Pego, zona en la que se incrementa hasta el 2,5% para descender, hacia el este, hasta valores mucho más bajos.

La alimentación del acuífero procede de la infiltración del agua de lluvia y de los excedentes de riego. La descarga del sistema tiene lugar mediante bombeos –urbanos, agrícolas e industriales–, así como a través de manantiales (balsa Sineu y drenaje del río Racons) y por salidas laterales subterráneas al Cuaternario de Pego.

En la zona suroccidental del acuífero existen numerosos manantiales de pequeña entidad, ligados a acuíferos desconectados del nivel regional, como es el caso del de Millena-Benimasot

Todos los niveles permeables se encuentran en conexión hidráulica constituyendo un único acuífero, excepto en determinadas áreas del sector suroccidental, donde los horizontes margosos del Aptiense superior pueden aislar los tramos permeables entre los que se intercalan, dando origen a numerosos manantiales de pequeño caudal.

El muro del sistema hidrogeológico está definido por las margas y margocalizas del Barremiense, mientras que el techo está constituido por materiales margosos en facies Tap en los sectores en los que se encuentran presentes.

Según se ha indicado, inicialmente se consideró una diferenciación de dos sectores en el acuífero: el occidental (Almudaina-Alfaro-Mediodía, del que más tarde se segregó el de Mediodía) y el oriental (Segaria), desconectados hidráulicamente entre sí merced a los materiales en facies Keuper que jalonan la falla inversa que se extiende desde el suroeste de Pego al norte de Sagra, y por el afloramiento del impermeable de muro entre Benimeli y el noroeste de Ondara. Sin embargo, las modelizaciones obtenidas en condiciones de no interconexión reflejan una situación que no se ajusta a la realidad, siendo necesario admitir un cierto grado de conexión hidráulica entre ambos sectores acuíferos en el área comprendida entre Benimeli y el norte de Sagra.

Los bordes occidental y septentrional están constituidos por el impermeable de techo que, a lo largo de la falla inversa que se extiende hasta Pego, contacta lateralmente con los materiales permeables del acuífero a los que sella. Se trata, por tanto, de un límite de carácter impermeable, excepto en su terminación más oriental –este de Pego–, donde el acuífero contacta con los materiales detríticos del acuífero de Pego-Denia. El límite oriental, definido por el contacto de las formaciones permeables del sistema con este mismo acuífero, es totalmente abierto.

El límite meridional está constituido por el impermeable de base, que se eleva merced a la presencia de un anticlinal y de la falla inversa existente en esta zona, en la que muy posiblemente esté implicado el Trías Keuper, que sellaría lateralmente a la unidad. En el sector más occidental del borde meridional, el límite no se conoce con precisión, aunque se supone cerrado por el gran espesor de margas en facies Tap o por la presencia bajo las mismas de materiales impermeables pertenecientes al Oligoceno.

4.3.2 Características hidrodinámicas

En el modelo realizado en 1986, citado en el apartado 4.2, se estimó una permeabilidad de 1 m/día para la totalidad del acuífero y un coeficiente de almacenamiento del 1%, excepto en el sector más occidental de Segaria (0,5%) y en áreas muy reducidas y localizadas (entre 7 y 15%, por necesidades de simulación).

Los cálculos iniciales de transmisividad, de acuerdo con el espesor saturado de las formaciones permeables, proporcionaron valores entre 200 y 400 m²/día en el sector de Segaria, y entre 200 y 500 m²/día en el sector de Almudaina-Alfaro, correspondiendo los mínimos (50-150 m²/día) al sector suroccidental del acuífero. Sin embargo, las cifras obtenidas al ajustar el modelo muestran variaciones considerables de unos sectores a otros de modo

9. CONCLUSIÓN: ORIGEN Y MECANISMOS DE SALINIZACIÓN DE LAS AGUAS

Por otra parte, cabe señalar que la caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas ha permitido reforzar la hipótesis de la naturaleza impermeable del borde septentrional de la unidad en su límite con el acuífero jurásico de Ador, mediante la comparación de las propiedades químicas de sondeos situados en el sector de Villalonga y muy próximos al acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla (2931-8-16 y 2931-8-22) y del sondeo próximo 2931-8-21, dentro de esta unidad, que han resultado ser claramente diferentes entre sí.

4.2.6 Uso del agua

El volumen total de recursos aprovechados del sistema asciende a 19,7 hm³/año, que se destinan fundamentalmente al regadío y abastecimiento urbano de la Marina Alta y comarcas adyacentes por las que se extiende el acuífero.

El consumo anual para satisfacer la demanda agrícola se estima en unos 16,82 hm³, empleados para el riego de unas 1.600 ha de cítricos (9,82 hm³, extraídos mediante bombeos) y para cubrir el 38% de las necesidades que el cultivo del arroz plantea en el Marjal de Pegu-Oliva (7 hm³ obtenidos de las surgencias que dan lugar al río Bullens).

Las extracciones de agua subterránea para consumo urbano-industrial apenas han variado en los últimos años, alcanzando la cifra de 2,88 hm³/año. La mayor parte de este volumen –2,74 hm³/año– corresponde al abastecimiento de las redes urbanas de las localidades de Adsubia, Beniarrés, Rugat, Ayelo de Rugat, Vall de Gallinera, Forná, Salem, Rafol de Salem y Castellón de Rugat. Los restantes 0,14 hm³/año se destinan a industrias que disponen de abastecimiento propio.

4.3 ACUÍFERO DE ALMUDAINA-ALFARO-SEGARIA

4.3.1 Características geométricas y litológicas

El acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria ocupa una extensión superficial de 190 km², de los que aproximadamente 140 km² corresponden a afloramientos permeables (figura 4.3). Los primeros estudios englobaron a este acuífero y al de la sierra del Mediodía en un mismo sistema, pero investigaciones llevadas a cabo en la primera mitad de los años noventa determinaron el funcionamiento independiente de ambos.

La formación acuífera principal está constituida por unos cuatrocientos metros de calizas y dolomías del Cretácico superior. Son de menor importancia los materiales carbonatados con intercalaciones margosas del Aptiense-Albiense (250 m), así como las calizas del Eoceno y las areniscas, conglomerados y calizas del Mioceno inferior, estas últimas presentes únicamente en reducidos sectores del sistema.

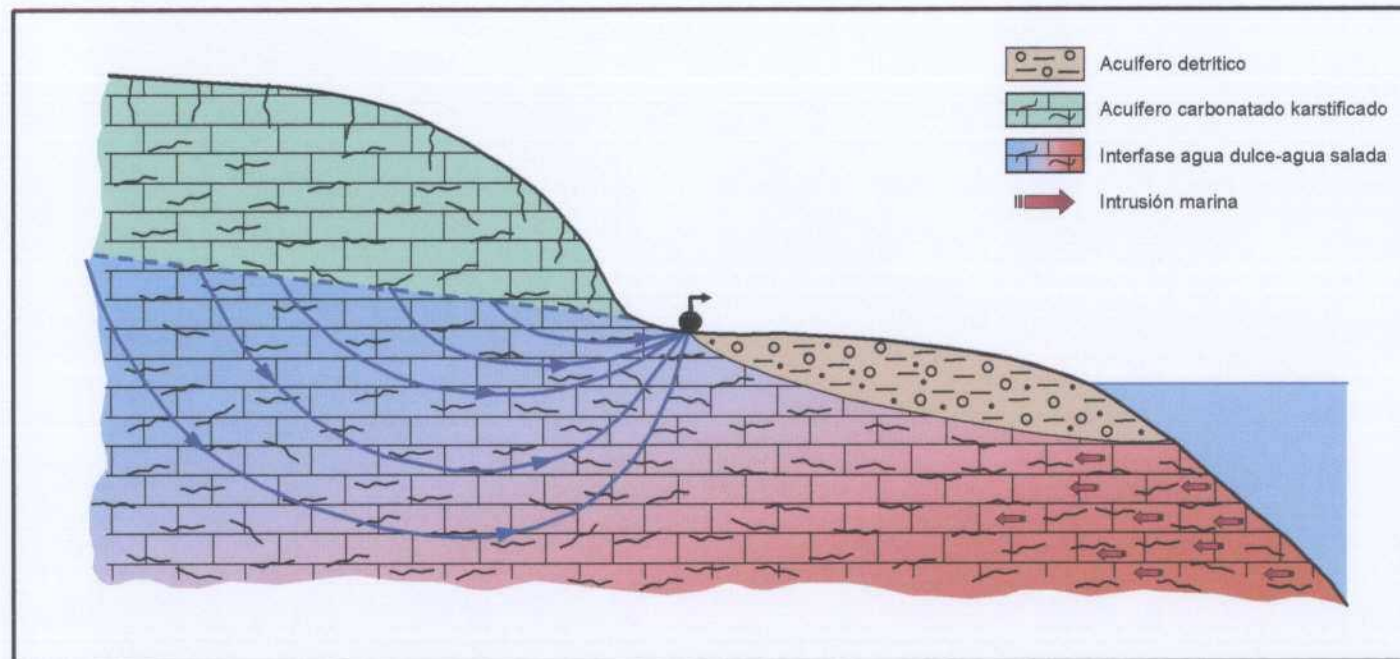


Figura 9.1. Esquema de circulación asociado a los manantiales salinos

4.2.4 Funcionamiento hidráulico y balance hídrico

La dirección preferente de circulación general del flujo subterráneo es OSO-ENE, hacia el área principal de drenaje constituida por la plana de Pego-Denia y la sierra de Mustalla. En el tercio más occidental del acuífero, el agua converge según un eje de dirección SO-NE coincidente con la alineación del río Serpis, que drena parte de la unidad en este sector.

El gradiente hidráulico medio es del 1,3%, registrándose los valores más bajos en la zona de descarga de la sierra de Mustalla (0,4%) y en el área comprendida entre el embalse de Beniarrés y Lorcha (1,25%), y los más elevados entre la localidad de Villalonga y sierra Negra (2,5%). En el resto del sistema, el gradiente hidráulico se sitúa en torno al 2%.

La recarga del acuífero se produce por infiltración del agua de lluvia, por entradas laterales subterráneas procedentes del acuífero de Solana-Benicadell y del embalse de Beniarrés, y por infiltración de los excedentes de riego de cultivos situados sobre superficies permeables. La descarga del sistema tiene lugar a través del drenaje de los ríos Serpis (sector occidental) y Bullens (sector oriental), por bombeos y por salidas subterráneas a través del borde septentrional de la sierra de Mustalla hacia el sector de Oliva, perteneciente a la unidad hidrogeológica de la Plana de Gandía-Denia.

Los balances del acuífero, establecidos mediante sendos modelos matemáticos, para los períodos 1978-83² y 1983-88³ cifran sus recursos medios en torno a los 50 hm³/año, valor que coincide con el referido en el *Mapa del Agua de la Provincia de Alicante*, donde, por otra parte, se estima en 20 hm³/año el aprovechamiento del sistema. La variación del almacenamiento en ambos períodos –de -3,7 hm³/año en 1978-83 y -6,9 hm³/año en 1983-88– es achacable, en el primer caso, a un reajuste hídrico del sistema por las escasas precipitaciones habidas en esos años y en el segundo, al gran déficit registrado en el primer año del período analizado debido al pequeño volumen de agua de lluvia infiltrada, consecuencia, en parte, de la escasa pluviometría.

Si bien los dos períodos a los que se refieren coinciden con épocas relativamente secas, los modelos matemáticos señalados establecen para la descarga del acuífero al río Bullens valores más bajos (33,4 hm³/año en 1978-83 y 23,2 hm³/año en 1983-88) que los recogidos en otros estudios. Éstos la sitúan en torno a los 50 hm³/año: 46,9 hm³/año en un estudio de las descargas del río Bullens-Vedat; 46,4 hm³/año, para el período 1973-76, en la tesis doctoral de Pulido Bosch, y 50,74 hm³/año en el informe *Control de caudales diarios en fuentes, golas y ríos de la cuenca media y baja del río Júcar. Período octubre de 1997 a septiembre de 1981*, realizado por el IGME en 1981. El control directo de estos caudales está muy influenciado por la formación de barras litorales arenosas, lo que dificulta su determinación, circunstancia que no contribuye a aclarar las apreciables diferencias observadas.

² Modelo de flujo en régimen transitorio realizado en el *Proyecto para el establecimiento de las Normas de Explotación de los Acuíferos en la Zona de Pego-Denia y Cabecera del Vinalopó* (IGME, 1986)

³ Modelo tridimensional de ajuste multicapa SIDKARST realizado en el *Estudio de la posible incidencia de la explotación del Sistema Hidrogeológico Albuerca-Gallinera-Mustalla* (IGME, 1988)

4.2.2 Características hidrodinámicas

La transmisividad en dicha Sierra varía entre 3.000 y 4.000 m²/día, registrándose mínimos de 100 m²/día en las zonas de borde. Según los resultados obtenidos del modelo matemático realizado en el estudio de 1988, la permeabilidad varía entre 0,5 y 10 m/día en la mitad occidental del acuífero y entre 10 y 70 m/día en la mitad oriental, mientras que el coeficiente de almacenamiento oscila entre el 1 y el 10% en la mitad occidental (3% es el valor más habitual) y entre el 10 y el 30% en la mitad oriental, magnitudes excesivas que no deben responder a la realidad, pero probablemente tomadas para el ajuste del modelo. Éste pone asimismo de manifiesto la existencia de dos barreras de baja transmisividad, más o menos equidistantes entre sí, que dividen transversalmente al sistema en tres partes.

4.2.3 Piezometría

La superficie piezométrica del acuífero varía entre los 350 m.s.n.m. y cotas muy próximas al nivel del mar, registrándose oscilaciones que pueden calificarse de variables a moderadas según las zonas.

El sector más occidental presenta las cotas más elevadas –entre 290 y 330 m.s.n.m en los puntos de control–, con oscilaciones estacionales moderadas del orden de 10 metros y variaciones hiperanuales de 30 metros entre máximos y mínimos. La buena alimentación lateral procedente del acuífero adyacente de Solana-Benicadell y el nivel de drenaje definido en esta zona por el cauce del río Serpis, justifican el carácter moderado de tales fluctuaciones en una zona de recarga como la indicada.

Hacia Lorcha la superficie piezométrica desciende hasta cotas en torno a los 250 m.s.n.m., registrándose cambios poco significativos en los niveles, mientras que en el sector de Vall de Gallinera se han observado importantes diferencias estacionales e hiperanuales (hasta 30 y 93 metros respectivamente en el sondeo de control 2932-4-14). En los alrededores de Villalonga los niveles se sitúan en torno a los 140 m.s.n.m., con oscilaciones estacionales muy moderadas que no suelen superar los 5 metros, máximos históricos ligeramente por debajo de los 150 m.s.n.m. y mínimos de 120 m.s.n.m.

En la zona oriental del acuífero, donde las cotas piezométricas se encuentran próximas a los 30-40 m.s.n.m., se observan variaciones hasta de 20 metros, siendo habituales valores próximos a 10 metros pese a tratarse de una zona de descarga. La evolución histórica de los niveles piezométricos en este sector presenta variaciones mucho más acusadas que en la zona occidental, con cotas máximas y mínimas que fluctúan, respectivamente, entre los 60 y 100 m.s.n.m. y entre los 10 y 20 m.s.n.m. Estas oscilaciones tan importantes pueden deberse a las intensas extracciones que se realizan en esta franja del acuífero y a la posible existencia de un umbral provocado por la falla que lo atraviesa transversalmente y que podría restringir la alimentación de la zona.

En la sierra de Mustalla, principal punto de descarga del sistema, la superficie piezométrica se sitúa entre los 4 m.s.n.m. y la cota cero. Su comportamiento es muy estable, con movimientos estacionales inferiores al metro y diferencias máximas históricas de 2 metros.

ANEXO 1
PRECIPITACIONES REGISTRADAS DURANTE EL AÑO
2004 EN LA ZONA DE LA MARINA ALTA Y SU
ENTORNO

El control de la calidad de las aguas del acuífero denota una evolución gradual desde facies bicarbonatadas y bicarbonatadas-sulfatadas en las zonas interiores, a facies bicarbonatadas-cloruradas y cloruradas en los sectores más litorales. En el caso de los cationes, las aguas pasan de cálcico-magnésicas a facies más enriquecidas en sodio en el litoral. En las cercanías de Denia, el alto grado de salinización evidencia con claridad un intenso proceso de intrusión marina.

La evolución de las relaciones iónicas durante los últimos años muestra un incremento del ión cloruro así como un aumento del contenido de sulfatos, en este último caso atribuido al empleo de fertilizantes agrícolas. La relación $r\text{HCO}_3/r\text{Cl}$, que alcanza normalmente valores superiores a 2, indica una aceptable calidad del agua en los sectores interiores del valle aluvial del río Girona, mientras que en puntos cercanos a la costa descende su valor, con registros muy bajos en los últimos años que demuestran la influencia de procesos de intrusión marina.

4.1.5 Uso del agua

El volumen total de agua aprovechada del acuífero asciende a 28 hm³/año, de los que 5,3 hm³/año se destinan al abastecimiento urbano y 22,7 hm³/año a usos agrícolas. La captación de recursos para uso urbano se realiza exclusivamente a partir de pozos y sondeos, mientras que del total de agua para riego se extraen mediante bombeos 15,7 hm³/año; los 7 hm³/año restantes se obtienen de las surgencias localizadas en el Marjal de Pego y, en menor medida, de las cavas existentes en el curso bajo del río Girona (Ondara y Vergel), alguna de las cuales llega a prolongarse hasta las proximidades del manantial de la Alberca en Pedreguer.

4.2 ACUÍFERO DE ALBUERCA-GALLINERA-MUSTALLA

4.2.1 Características geométricas y litológicas

El acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla comprende una superficie de 165 km² (figura 4.2) Las formaciones acuíferas están constituidas por las calizas, calizas dolomitizadas y dolomías del Aptiense-Maestrichtiense, con una potencia media de 800 metros. En los materiales del Aptiense-Albiense y del Senoniense existen escasas intercalaciones margosas de poco espesor que no llegan a provocar desconexión hidráulica entre los diferentes tramos permeables. El muro del acuífero está definido por los materiales margosos del Neocomiense-Barremiense, mientras que el techo corresponde a las margas y margocalizas del Mioceno en facies Tap, que afloran en los bordes meridional y occidental del acuífero.

La zona de mayor interés a efectos del presente estudio corresponde al extremo oriental del acuífero –la Sierra de Mustalla–, donde se establece la conexión hidráulica con los sedimentos detríticos del Marjal de Pego. En esta zona las cotas piezométricas se encuentran próximas a los 30-40 m.s.n.m., con variaciones hasta de 20 m, siendo habituales valores próximos a 10 m pese a tratarse de una zona de descarga.

**PRECIPITACIONES REGISTRADAS DURANTE EL AÑO 2004
EN LA ZONA DE LA MARINA ALTA Y SU ENTORNO**

Código estación	Mes	Total	Máxima	Día de la máxima	Días de lluvia
8283	ENE	6,0	6,0	27	1
	FEB	43,2	21,0	20	7
	MAR	124,0	37,0	28	13
	ABR	91,3	54,0	15	13
	MAY	98,4	47,0	11	15
	JUN	30,7	13,0	14	5
	JUL	0,6	0,4	6	3
	AGO	7,8	4,0	31	3
	SEP	9,4	7,0	12	5
	OCT	8,3	4,0	25	9
	NOV	61,5	25,0	5	9
DIC	282,0	80,0	4	16	
8048E	ENE	2,7	2,7	27	1
	FEB	48,4	33,1	20	6
	ABR	118,0	56,0	15	11
	MAY	168,9	110,0	11	10
	JUN	17,0	17,0	14	4
	JUL	Inaprec.	Inaprec.	28	1
	AGO	12,0	12,0	4	1
	SEP	6,0	6,0	2	1
	OCT	6,7	3,0	27	5
	NOV	143,6	56,9	12	6
	DIC	325,6	75,2	7	12
8051I	ENE	Inaprec.	Inaprec.	27	1
	FEB	69,0	51,0	20	4
	MAR	124,0		88	88
	ABR	133,0	73,0	15	7
	MAY	195,0	104,0	11	6
	JUN	19,0	19,0	14	1
	JUL	Inaprec.	Inaprec.	29	1
	AGO	4,0	4,0	4	1
	SEP	1,0	1,0	3	4
	OCT	5,0	5,0	27	6
	NOV	131,0	49,0	12	7
DIC	342,0	68,0	5	14	
8051U	ENE	2,0	2,0	27	1
	FEB	61,0	25,0	20	4
	MAR	162,0	65,0	28	8
	ABR	193,0		88	88
	MAY	185,0		88	88
	JUN	22,0	22,0	14	1
	JUL	3,0	3,0	28	1
	AGO	11,0	11,0	31	2
	SEP	11,0	8,0	15	3
	OCT	14,5	6,0	9	4
	NOV	216,0	87,0	4	7
DIC	391,0	90,0	7	12	
8054O	ABR	144,7		88	88
	MAY	217,0		88	88
	JUN	23,0	23,0	14	1
	JUL	0,0	0,0	88	0
	AGO	4,5	4,5	4	1
	SEP	8,5	8,5	15	1
	NOV	10,5	5,0	27	3
		202,0		88	88

En el sector del aluvial del Girona, la superficie piezométrica del acuífero varía entre cotas que superan los 85 m.s.n.m. en las zonas más occidentales del valle y niveles negativos en algunos sectores próximos a la línea de costa, donde las oscilaciones estacionales pueden presentar hasta 10 metros de amplitud, mientras que las hiperanuales han llegado a alcanzar valores hasta de 25 y 30 metros en algunos puntos. En el resto del acuífero las variaciones de la superficie piezométrica son bastante reducidas, no observándose tendencia negativa alguna.

4.1.3 Funcionamiento hidráulico y balance hídrico

El sentido del flujo subterráneo es oeste-este, hacia el mar Mediterráneo y hacia la concentración de explotaciones existentes en el entorno de Setla. El régimen de la capa acuífera es bastante homogéneo, con un gradiente hidráulico del orden del 1%.

La alimentación de la unidad se produce por infiltración del agua de lluvia a través de su superficie, por retorno de riegos, por infiltración de la escorrentía superficial a través del cauce del río Girona y por alimentación lateral de los acuíferos carbonatados interiores. Las salidas se deben a las extracciones y bombeos realizados en el acuífero, al drenaje de manantiales y cavas, y a las salidas directas al mar Mediterráneo y laterales hacia otras unidades hidrogeológicas (Cretácico del Girona e, incluso, Solana de la Llosa).

Los recursos del acuífero Pegó-Denia se estiman, según los estudios más recientes, en 44,03 hm³/año¹. El balance hídrico para el año medio se indica a continuación; no obstante, conviene señalar que este balance podría haberse modificado en los últimos años debido a la disminución de las extracciones para riego ocasionada por la intrusión marina existente en la zona de Denia.

Entradas	
Infiltración por agua de lluvia	25 hm ³ /año
Infiltración del río Girona	6,5 hm ³ /año
Entradas laterales procedentes de acuíferos contiguos:	
A. de Mediodía	1,53 hm ³ /año
A. de Albuerca-Gallinera-Mustalla	4,0 hm ³ /año
A. de Orba	1,3 hm ³ /año
A. de Montgó	0,7 hm ³ /año
Retornos de riegos	5,0 hm ³ /año
Total	44,03 hm³/año

¹ Esta cifra es superior a los 41,5 hm³/año que figuran en un documento elaborado por el ITGE en 1990, debido a que se han considerado unas mayores entradas laterales de los acuíferos colindantes

**PRECIPITACIONES REGISTRADAS DURANTE EL AÑO 2004
EN LA ZONA DE LA MARINA ALTA Y SU ENTORNO**

Código estación	Mes	Total	Máxima	Día de la máxima	Días de lluvia
8064C	ENE	7,0	7,0	27	1
	FEB	44,7	22,8	20	5
	MAR	104,4	27,0	28	9
	ABR	158,2	110,0	15	6
	MAY	141,3	74,5	11	9
	JUN	14,3	8,0	14	4
	JUL	0,0	0,0	88	0
	AGO	34,0	34,0	31	2
	NOV	137,0	83,5	5	7
	DIC	472,4	119,0	4	13
8068I	ENE	5,0	5,0	27	1
	FEB	93,7	67,0	20	5
	MAR	219,0	101,6	29	12
	ABR	129,6	67,8	16	7
	MAY	146,2	47,0	11	10
	JUN	12,6	12,0	14	2
	JUL	1,0	1,0	29	1
	AGO	22,8	22,8	31	1
	SEP	1,0	0,5	3	2
	OCT	6,3	4,4	27	3
	NOV	125,2	63,4	12	5
	DIC	492,0	99,8	6	16
8282E	ENE	6,5	6,5	27	1
	FEB	44,1	22,0	20	5
	ABR	73,0	46,0	15	5
	MAY	84,3	45,0	11	9
	JUN	23,0	11,0	20	3
	JUL	Inaprec.	Inaprec.	29	1
	AGO	9,2	7,0	31	2
	SEP	7,7	6,0	12	2
	OCT	6,0	3,5	25	3
	NOV	67,0	37,5	5	6

4.1 ACUÍFERO DE PEGO-DENIA

4.1.1 Características geométricas y litológicas

El acuífero cuaternario de Pego-Denia constituye la unidad más meridional del sistema acuífero de la Plana de Gandía-Denia. Se extiende sobre una superficie de 101 km² en la que se distinguen dos sectores hidrogeológicos: el Cuaternario de Pego circundante e infrayacente a la Marjal de Pego-Oliva, objeto del presente estudio, con 40-60 metros de espesor de materiales permeables en los que predominan arenas y limos orgánicos, y el aluvial del Girona, donde el acuífero cuaternario adquiere mayor espesor (figura 4.1).

Los niveles piezométricos en el cuaternario de Pego en la zona del Marjal se mantienen estables, con pequeñas oscilaciones estacionales entre 2 m.s.n.m. en áreas interiores y cotas ligeramente por debajo del nivel del mar en el sector de la Finca del Rosario. La dirección del flujo subterráneo es oeste-este, hacia el mar Mediterráneo. El volumen total de agua aprovechado en el acuífero asciende a 28 hm³/año, de los que 5,3 hm³/año se destinan al abastecimiento urbano y 22,7 hm³/año a usos agrícolas.

Las distintas formaciones acuíferas que integran la unidad presentan, según su litología y contenido en arcillas, permeabilidades variables. Existe una zona de alta permeabilidad, que corresponde al abanico aluvial del río Girona y, especialmente, a los depósitos de fondo de rambla asociados a éste, formados por arenas, arenas arcillosas con cantos redondeados y gravas, y otra de menor permeabilidad, que es un glacis de acumulación formado por niveles de arcillas y cantos.

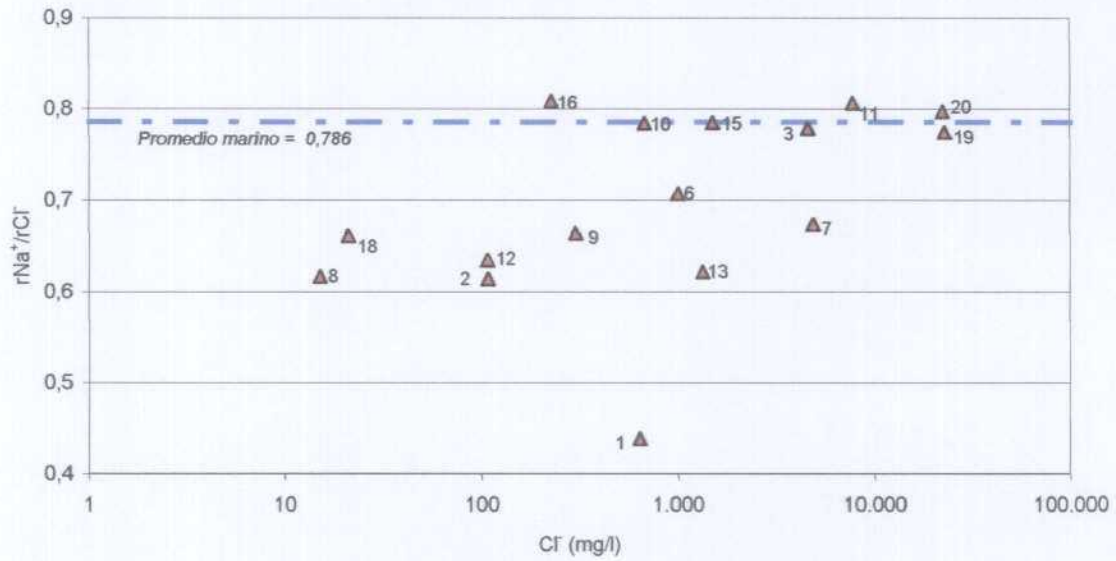
La formación eminentemente margosa del Tap, a la que corresponden los sedimentos de edad miocena con intercalaciones arenosas de potencias variables, desarrollados entre los 30 y 100 metros de profundidad, se considera, junto con algunos subafloramientos del Trías Keuper, la base impermeable del sistema hidrogeológico en el sector comprendido entre Ondara y Denia. Por el contrario, en las zonas más próximas a los relieves montañosos (sector de La Jara-Torre Carrals), el substrato del acuífero lo constituyen formaciones permeables, prolongación en profundidad de los acuíferos carbonatados de edad cretácica existentes hacia el interior.

4.1.2 Piezometría

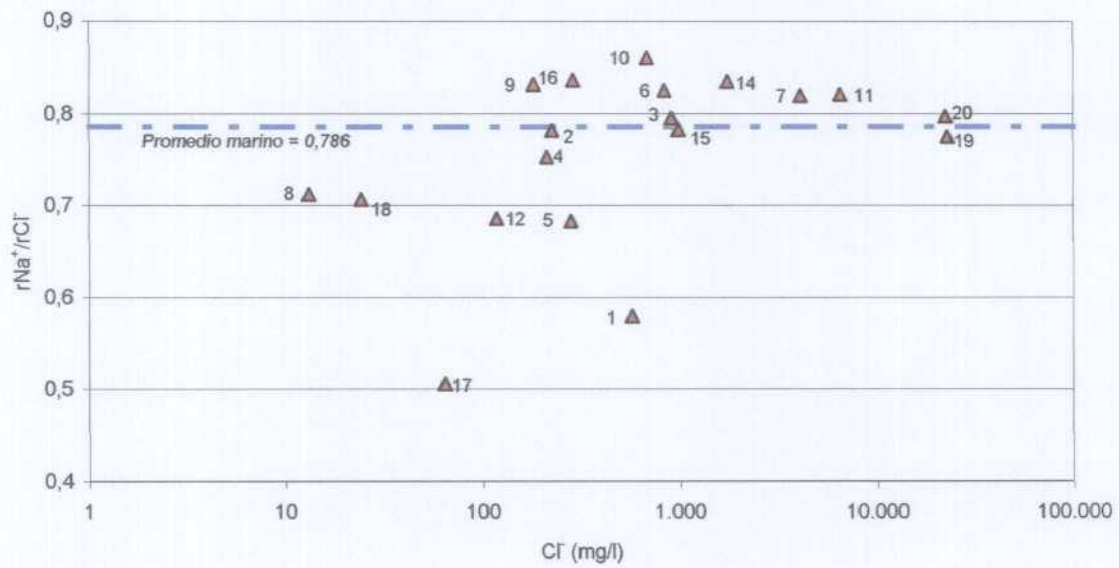
En el sector del Marjal la piezometría se mantiene estable, con pequeñas oscilaciones estacionales. Las cotas se sitúan entre los 2 m.s.n.m. en las áreas interiores, y ligeramente por debajo del nivel del mar en el sector de la finca del Rosario, en este último caso debido al drenaje permanente que se realiza en dicha finca para que el nivel freático no interfiera en el cultivo de cítricos. En años muy secos puede llegar a situarse varios metros por debajo de la cota cero en el sector central del Marjal.

4. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LOS ACUÍFEROS OBJETO DE ESTUDIO

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004

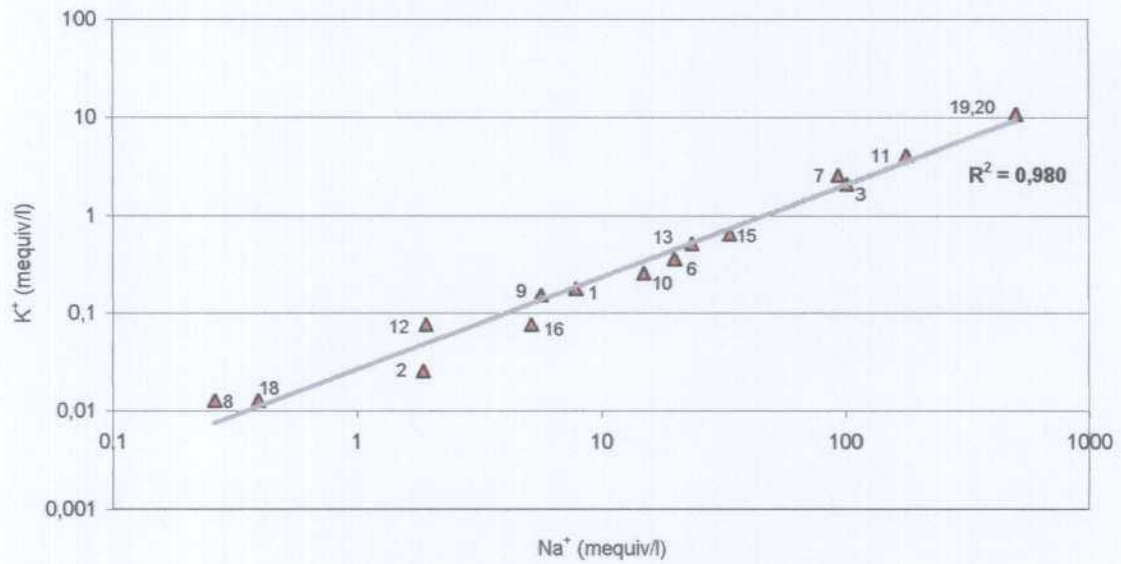


CAMPAÑA SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2004

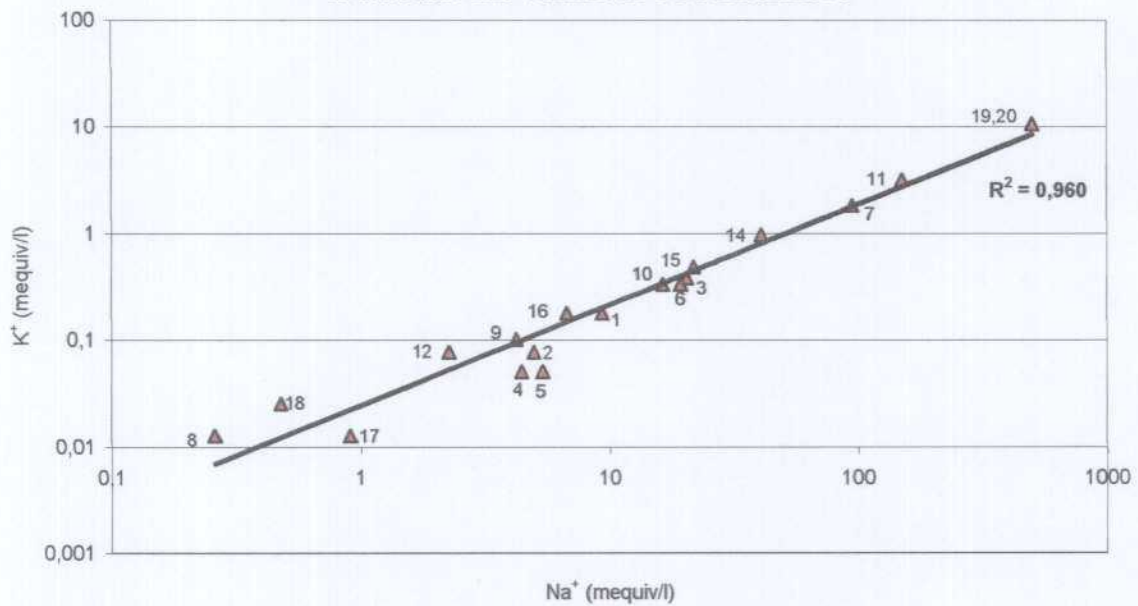


Relación rNa⁺/rCl⁻ vs. Cl⁻

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004

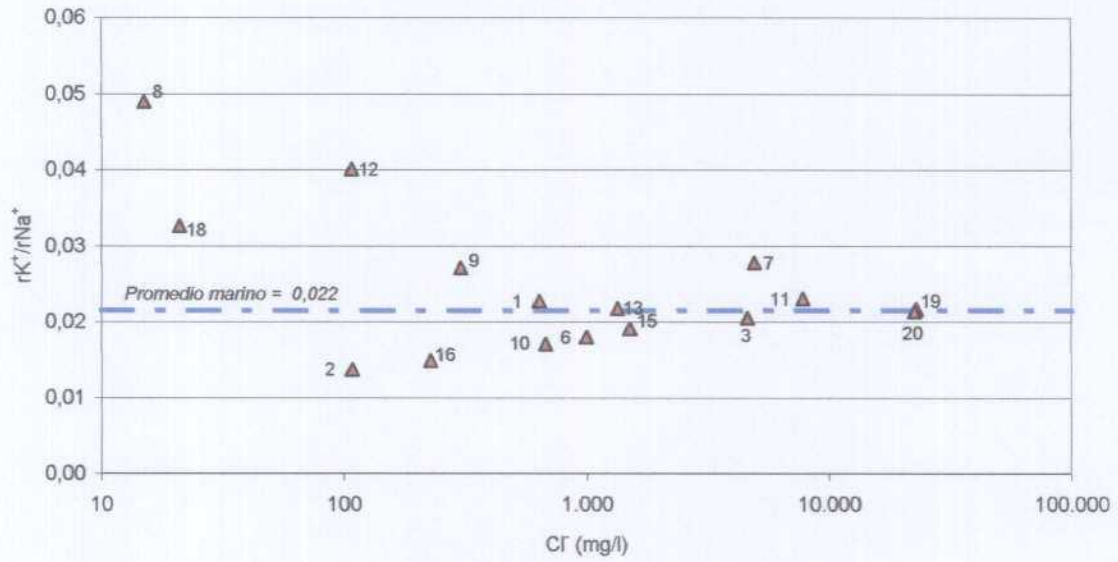


CAMPAÑA SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2004

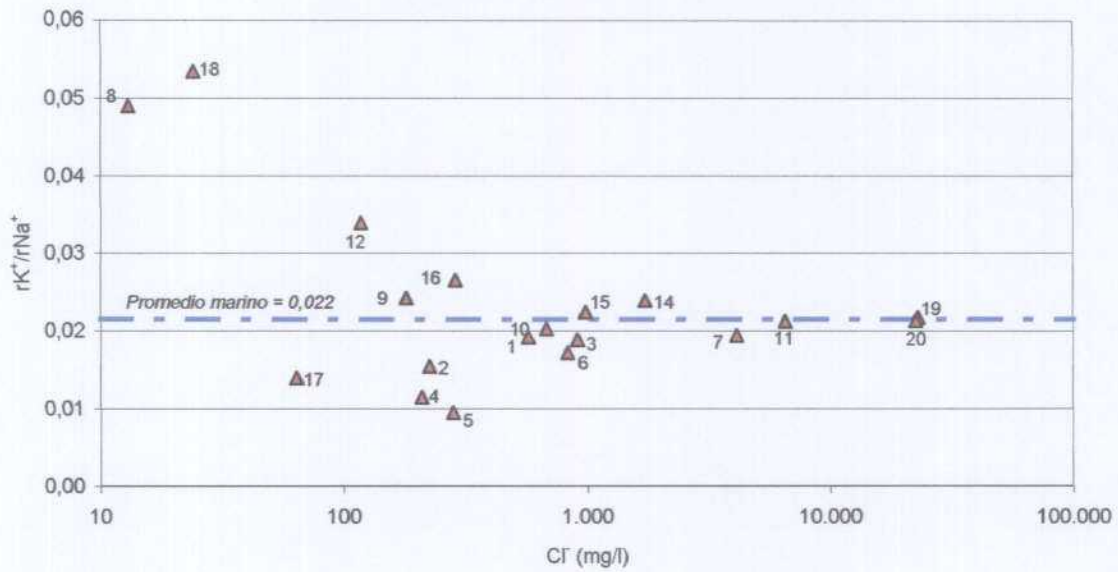


Relación $r\text{K}^+$ vs. $r\text{Na}^+$

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004

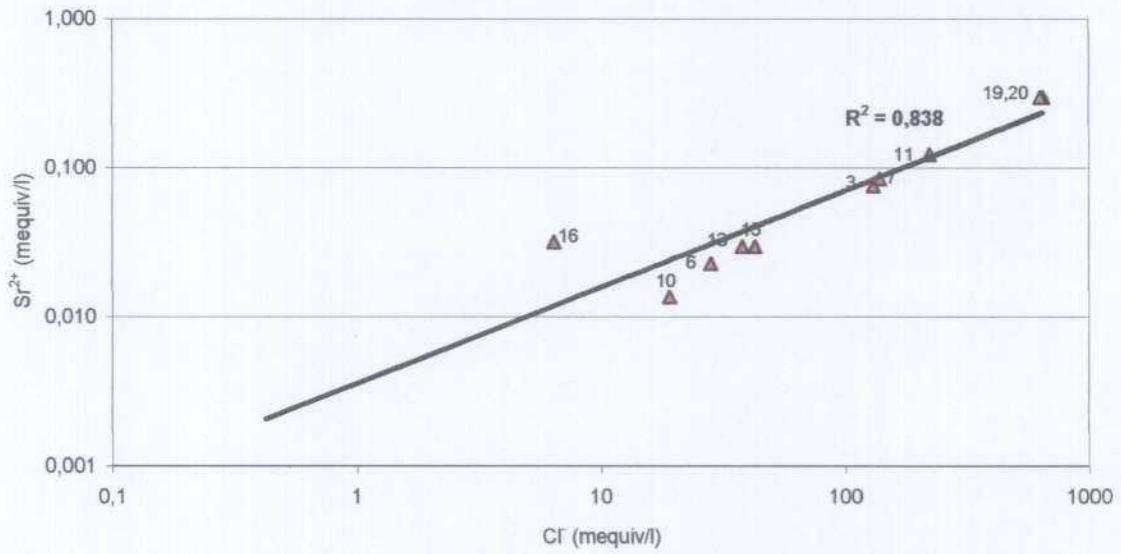


CAMPAÑA SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2004



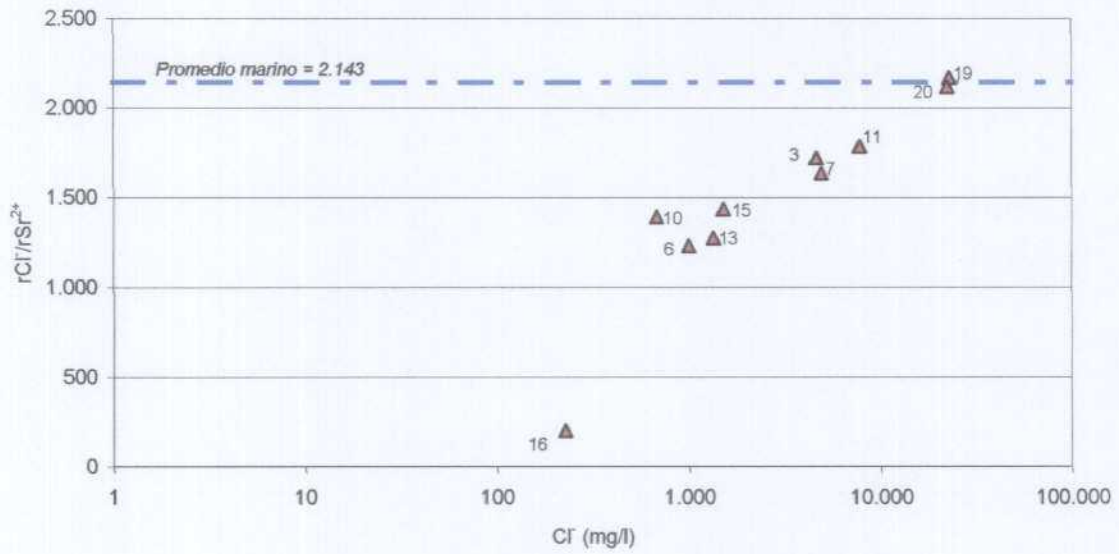
Relación rK^+/rNa^+ vs. Cl^-

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004



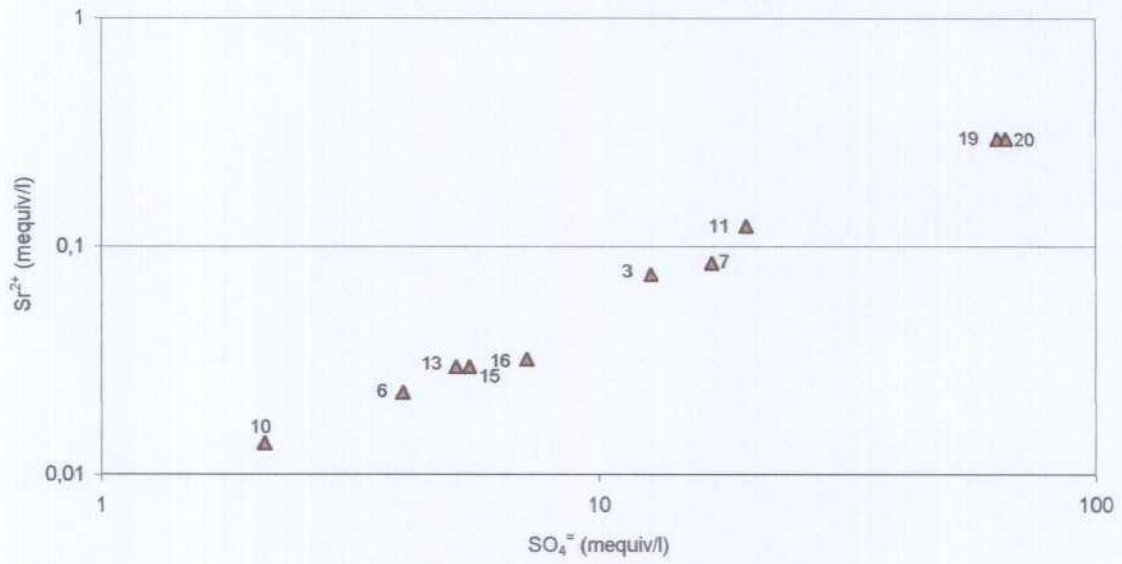
Relación rCl⁻ vs. rSr²⁺

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004



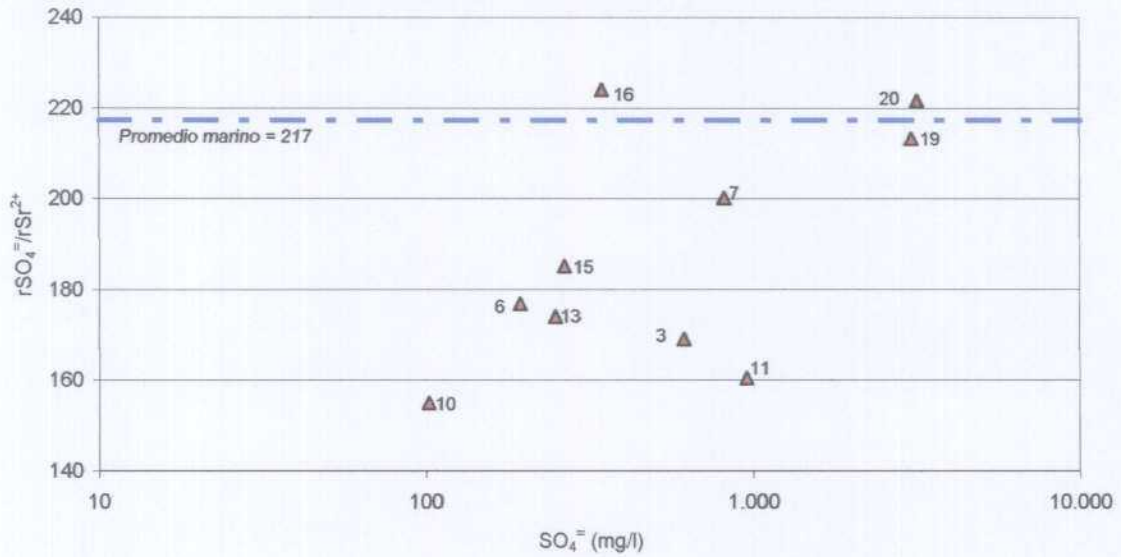
Relación rCl⁻/rSr²⁺ vs. Cl⁻

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004



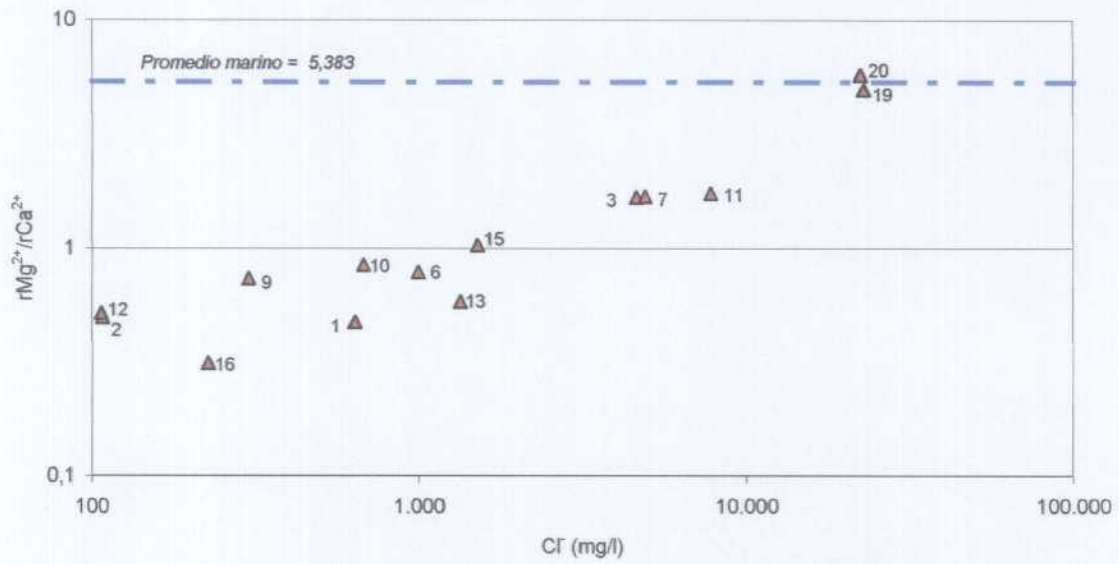
Relación $r\text{Sr}^{2+}$ vs. $r\text{SO}_4^{2-}$

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004

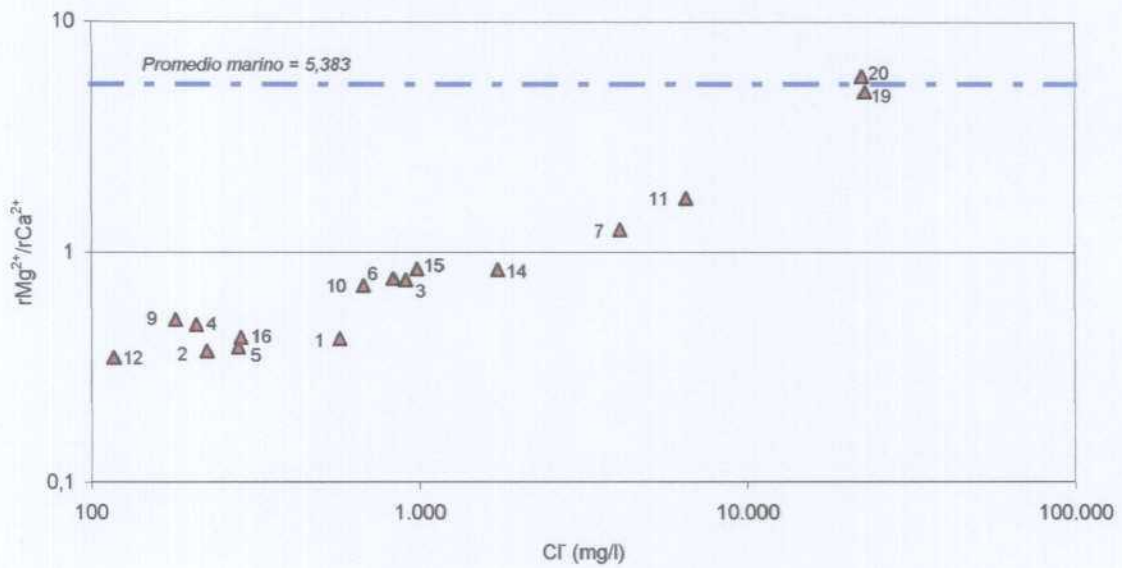


Relación $r\text{SO}_4^{2-}/r\text{Sr}^{2+}$ vs. SO_4^{2-}

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004

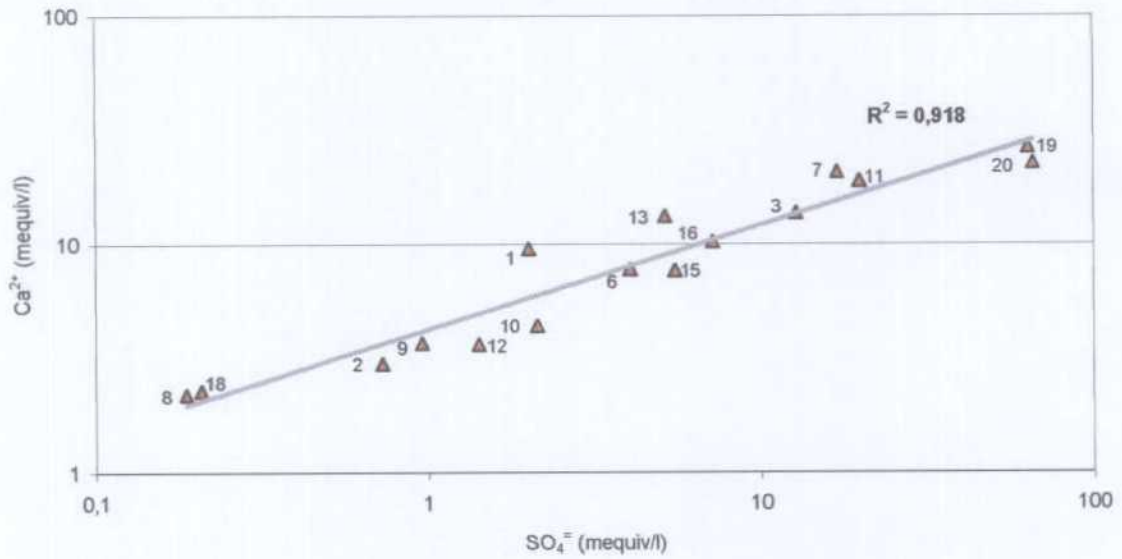


CAMPAÑA SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2004

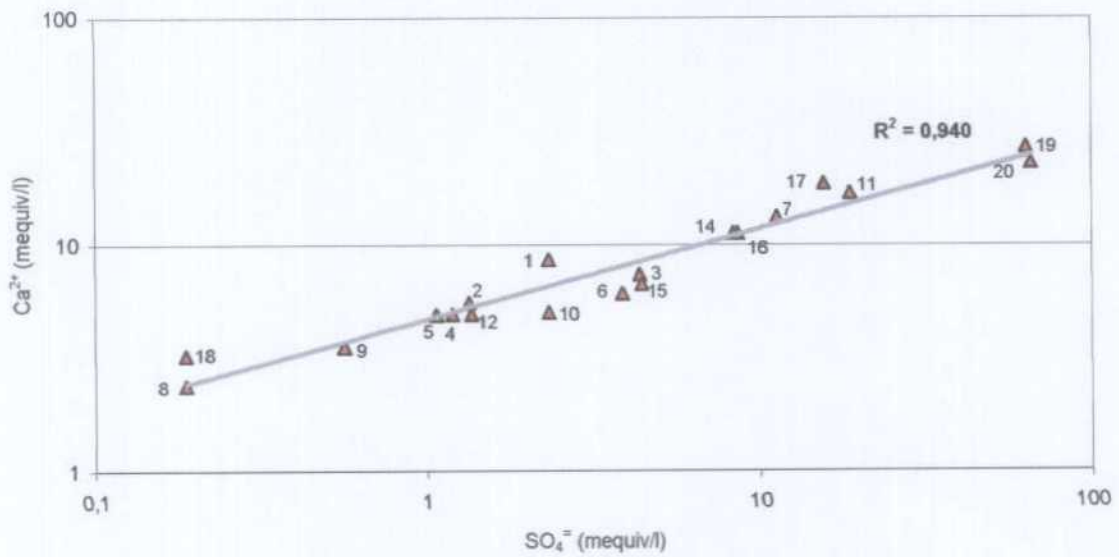


Relación rMg^{2+}/rCa^{2+} vs. Cl^-

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004

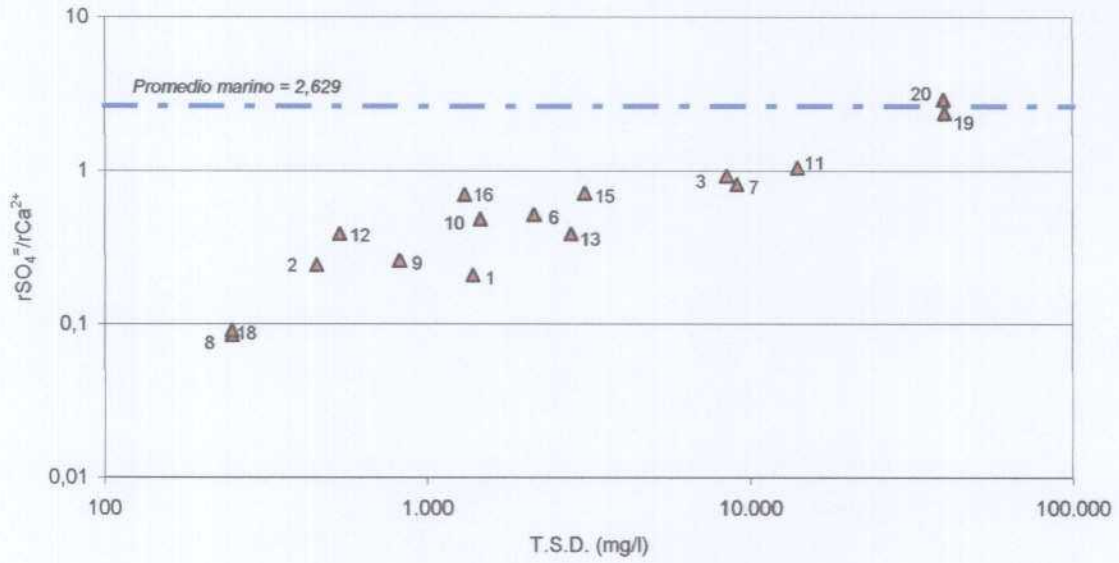


CAMPAÑA SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2004

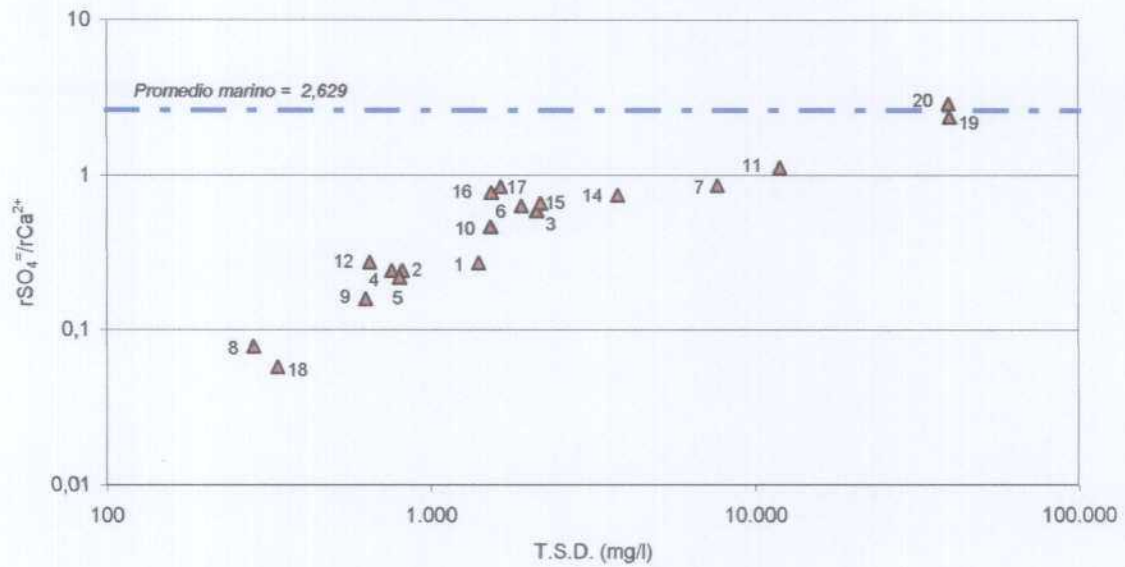


Relación $r\text{SO}_4^{2-}$ vs. $r\text{Ca}^{2+}$

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004

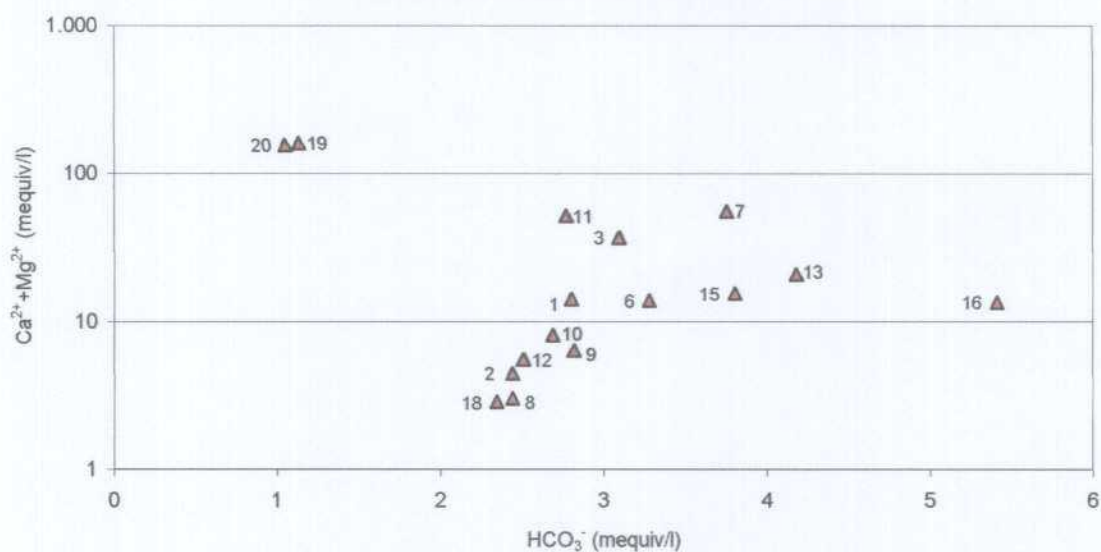


CAMPAÑA SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2004

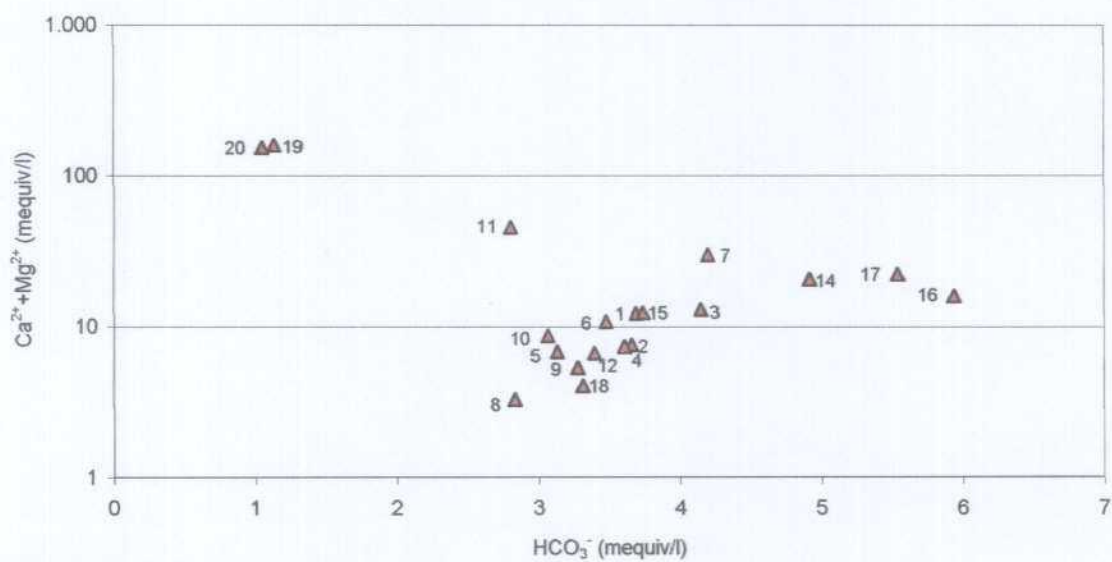


Relación rSO_4^{2-}/rCa^{2+} vs. T.S.D.

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004

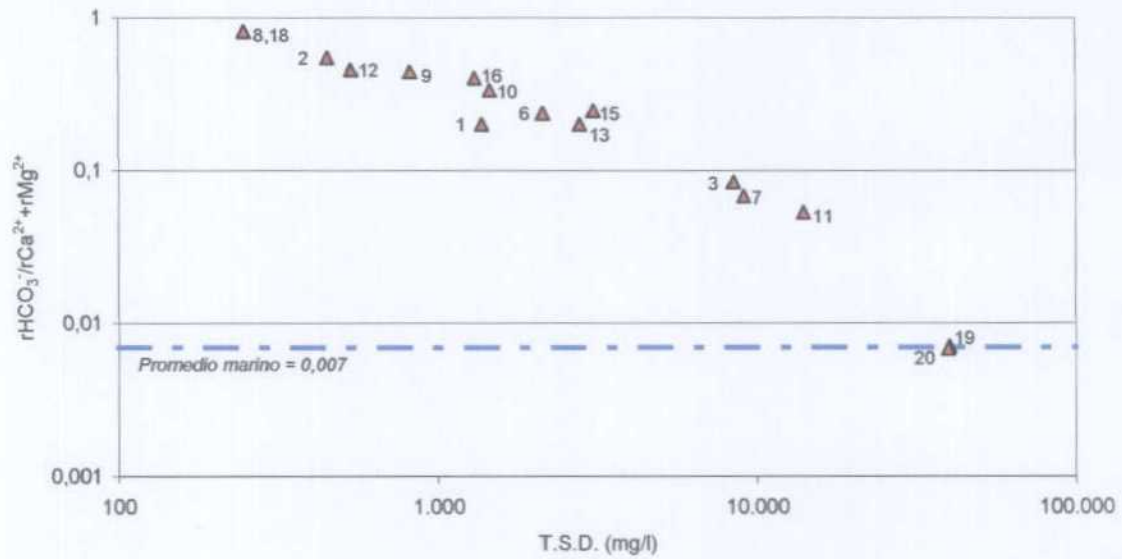


CAMPAÑA SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2004

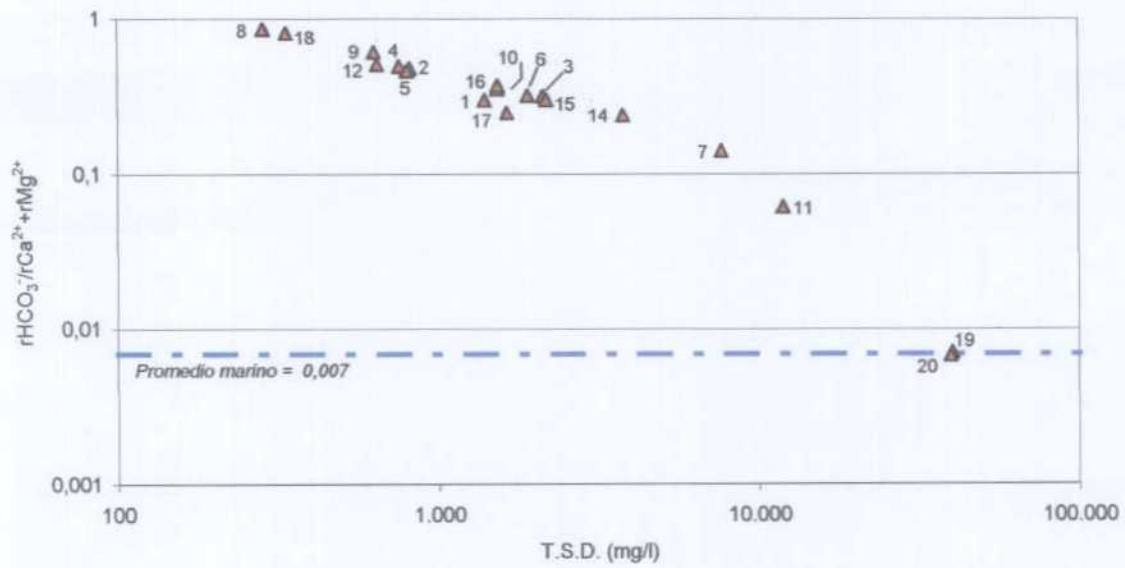


Relación rHCO_3^- vs. $\text{r}(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$

CAMPAÑA MAYO-JUNIO 2004



CAMPAÑA SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2004



Relación $r\text{HCO}_3^-/r(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})$ vs. T.S.D.

El proyecto de investigación, cuyos resultados se exponen en este informe, se inscribe dentro del Convenio de Asistencia Técnica suscrito entre la Excma. Diputación Provincial de Alicante y el Instituto Geológico y Minero de España, y ha sido realizado por el siguiente equipo técnico:

Dirección y supervisión

D. Bruno J. Ballesteros Navarro (IGME)
D. Luis Rodríguez Hernández (DPA)

Equipo de trabajo

D. Luis Ocaña Robles (T.R.T.)
D. José Sánchez Guzmán (T.R.T.)
D. Julio López Gutiérrez (IGME)
Dña. Laura Sanz López (T.R.T.)



INFORME	Identificación H5.001.06
	Fecha: Julio 2005
TÍTULO CARACTERIZACIÓN DE LA LÍNEA ISOTÓPICA LOCAL Y DE LOS ACUÍFEROS COSTEROS SEPTENTRIONALES DE LA PROVINCIA DE ALICANTE (MARINA ALTA)	
PROYECTO CARACTERIZACIÓN ISOTÓPICA DE LA LÍNEA METEÓRICA LOCAL Y DE LOS ACUÍFEROS DE LA MARINA ALTA (ALICANTE)	
RESUMEN <p>Los trabajos se desarrollan en el ámbito territorial de los acuíferos Albuerca-Gallinera-Mustalla, Almudaina-Alfaro-Segaria y Pego-Denia, localizados en la zona costera del norte de la provincia de Alicante.</p> <p>El estudio afronta en primer lugar la definición hidrogeológica general de los referidos acuíferos, y pasa después a caracterizar sus aguas subterráneas desde el punto de vista de los isótopos estables del agua y de su contenido en tritio. Para abordar adecuadamente dicha caracterización se lleva a cabo previamente la identificación de la marca isotópica del agua meteórica local a partir de agua de manantiales localizados a diversa altitud de los que se conoce su cota de infiltración. Estas determinaciones se complementan con el estudio del contenido de azufre 34 y oxígeno 18 en sulfatos de las aguas de los distintos acuíferos.</p> <p>Los datos obtenidos permiten proponer un modelo de funcionamiento hidrodinámico de los acuíferos estudiados y explicar el origen de la salinidad de los manantiales salinos existentes en el entorno de la marjal de Pego-Oliva.</p>	
Revisión Nombre: Juan Antonio López Geta Unidad: Hidrogeología y Aguas Subterráneas Fecha: Septiembre de 2005	Autores: Bruno J. Ballesteros Navarro Luis Rodríguez Hernández Luis Ocaña Robles José Sánchez Guzmán Julio López Gutierrez Laura Sanz López Responsable: Bruno J. Ballesteros Navarro



MAPA DE SITUACIÓN DE ESTACIONES DE LA IAEA PARA LA RECOGIDA DE MUESTRAS DE LLUVIA PARA ANÁLISIS ISOTÓPICO DE PRECIPITACIONES