

62583

ANÁLISIS Y ORDENACIÓN DE RECURSOS
HÍDRICOS DE LA MARINA ALTA (ALICANTE).
ALTERNATIVAS Y DIRECTRICES
(1ª Fase)

Volumen II

EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

Año 2001



ANÁLISIS Y ORDENACIÓN DE RECURSOS
HÍDRICOS DE LA MARINA ALTA (ALICANTE).
ALTERNATIVAS Y DIRECTRICES
(1ª Fase)

Volumen II

EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

Año 2001

El proyecto de investigación, cuyos resultados se exponen en este informe, se inscribe dentro del Convenio de Asistencia Técnica suscrito entre la Excm. 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)

Análisis de demandas hídricas. Extracciones e infraestructuras urbanas

D. Juan Ramón Cobos Fernández (IGME)
D. Juan de Dios Gómez Gómez (IGME)

Evaluación de recursos hídricos subterráneos

D. Bruno J. Ballesteros Navarro (IGME)
D. Julio López Gutiérrez (IGME)
D. Juan Grima Olmedo (IGME)
Dña. Olga García Menéndez (IGME)

Determinación de volúmenes drenados por las estaciones de control hidrométrico

D. José Antonio De la Orden Gómez (IGME)

ÍNDICE GENERAL

VOLUMEN I: ANÁLISIS DE DEMANDAS HÍDRICAS EXTRACCIONES E INFRAESTRUCTURAS URBANAS

VOLUMEN II: EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

VOLUMEN III: DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DRENADOS POR LOS RÍOS BULLENS Y RACONS, Y POR LOS MANANTIALES DE LA CAVA Y LA BOLATA, MEDIANTE EL ESTUDIO DE LAS SERIES DE DATOS GENERADOS EN SUS ESTACIONES DE CONTROL

VOLUMEN IV: DOCUMENTO SÍNTESIS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO HIDROGEOLÓGICO GENERAL	2
3. ORGANIZACIÓN GENERAL DEL FLUJO SUBTERRÁNEO	5
4. ACUÍFERO DE LA SIERRA DE COCOLL	8
4.1. Características litológicas y geométricas	8
4.2. Características piezométricas	9
4.3. Funcionamiento hidráulico	10
4.4. Balance hídrico	11
4.5. Análisis del uso del agua.....	12
5. ACUÍFERO DEL PEÑÓN	13
5.1. Características litológicas y geométricas	13
5.2. Características piezométricas	14
5.3. Funcionamiento hidráulico. Balance hídrico.....	15
5.4. Análisis del uso del agua.....	17
5.5. Hidroquímica.....	18
6. ACUÍFERO DE CARRASCAL-FERRER	19
6.1. Definición litológica y geométrica	19
6.2. Características piezométricas	22
6.3. Funcionamiento hidráulico	23
6.4. Balance hídrico	25
6.5. Análisis del uso del agua.....	26
7. ACUÍFERO NEOCOMIENSE DE PARCENT	27
7.1. Características litológicas y geométricas	27
7.2. Características piezométricas	28
7.3. Funcionamiento hidráulico. Balance	29
7.4. Análisis del uso del agua.....	31
7.5. Hidroquímica	31
8. ACUÍFERO CUATERNARIO DE JALÓN	32
8.1. Características litológicas y geométricas	32
8.2. Características piezométricas	33
8.3. Funcionamiento hidráulico.....	34
8.4. Balance hídrico.....	35

8.5. Análisis del uso del agua.....	36
9. ACUÍFERO DE ORBA.....	37
9.1. Características litológicas y geométricas	37
9.2. Características piezométricas y evolución	38
9.3. Funcionamiento hidráulico. Características hidrodinámicas.....	40
9.4. Análisis del uso del agua.....	41
9.5. Hidroquímica	41
10. ACUÍFERO DE SOLANA DE LA LLOSA.....	43
10.1. Características litológicas y geométricas	43
10.2. Características piezométricas. Evolución	45
10.3. Funcionamiento hidráulico.....	46
10.4. Balance hídrico.....	47
10.5. Análisis del uso del agua.....	51
10.6. Hidroquímica	52
11. ACUÍFERO DEL SÍNCINAL DEL GORGOS.....	53
11.1. Características litológicas y geométricas	53
11.2. Características piezométricas. Evolución	54
11.3. Funcionamiento hidráulico	56
11.4. Balance hídrico.....	58
11.5. Análisis del uso del agua	59
11.6. Hidroquímica	59
12. ACUÍFERO DE LA DEPRESIÓN DE BENISA.....	60
12.1. Características litológicas y geométricas	60
12.2. Características piezométricas. Evolución	61
12.3. Funcionamiento hidráulico	64
12.4. Balance hídrico.....	65
12.5. Análisis del uso del agua.....	66
12.6. Hidroquímica	67
13. ACUÍFERO CRETÁCICO DEL GIRONA.....	70
13.1. Características litológicas y geométricas	70
13.2. Evolución piezométrica	71
13.3. Funcionamiento hidráulico	73
13.4. Balance hídrico.....	73
13.5. Análisis del uso del agua subterránea	74

13.6. Hidroquímica	75
14. ACUÍFERO DE JESÚS POBRE	77
14.1 Características litológicas y geométricas	77
14.2. Características piezométricas. Evolución	78
14.3. Funcionamiento hidráulico	79
14.4. Análisis del uso del agua	82
14.5. Hidroquímica	82
15. ACUÍFERO DE MONTGÓ	83
15.1. Características litológicas y geométricas	83
15.2. Características piezométricas. Evolución	85
15.3. Funcionamiento hidráulico	86
15.4. Balance hídrico.....	87
15.5. Análisis del uso del agua	88
15.6. Hidroquímica	89
16. ACUÍFERO DE LA PLANA DE JÁVEA.....	91
16.1. Características litológicas y geométricas	91
16.2. Características piezométricas	92
16.3. Funcionamiento hidráulico.....	93
16.4. Balance hídrico.....	95
16.5. Análisis del uso del agua.....	96
16.6. Hidroquímica.....	99
16.7. Evolución de los procesos de intrusión marina	101
17. ACUÍFERO DE MEDIODÍA.....	106
17.1. Características litológicas y geométricas	106
17.2. Características hidrodinámicas.....	107
17.3. Características piezométricas	108
17.4. Funcionamiento hidráulico.....	109
17.5. Balance hídrico.....	110
17.6. Análisis del uso del agua.....	114
17.7. Hidroquímica.....	115
18. ACUÍFERO DE ALMUDAINA-ALFARO-SEGARIA	116
18.1. Características litológicas y geométricas	116
18.2. Características hidrodinámicas.....	118
18.3. Características piezométricas	119

18.4. Funcionamiento hidráulico.....	122
18.5. Balance hídrico.....	123
18.6. Análisis del uso del agua.....	128
18.7. Hidroquímica.....	130
19. ACUÍFERO DE ALBUERCA-GALLINERA-MUSTALLA	132
19.1. Características litológicas y geométricas	132
19.2. Características hidrodinámicas.....	134
19.3. Características piezométricas. Evolución.....	135
19.4. Funcionamiento hidráulico.....	138
19.5. Balance hídrico.....	139
19.6. Análisis del uso del agua.....	145
19.7. Hidroquímica.....	147
20. ACUÍFERO DE PEGO-DENIA.....	150
20.1. Características litológicas y geométricas	150
20.2. Características piezométricas. Evolución.....	152
20.3. Funcionamiento hidráulico.....	153
20.4. Balance hídrico.....	154
20.5. Hidroquímica. Situación y evolución de los procesos intrusivos	155
20.6. Análisis del uso del agua.....	159
21. OTROS ACUÍFEROS DE PEQUEÑA ENTIDAD	160
22. DETERMINACIÓN DE EXTRACCIONES Y APROVECHAMIENTOS.....	162
23. RECURSOS HÍDRICOS. BALANCE GENERAL DE ACUÍFEROS	165
24. CONCLUSIONES	169

PLANOS

BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

La Marina Alta es una comarca natural situada al norte de la provincia de Alicante en su límite con la de Valencia, que requiere un importante volumen de recursos hídricos para completar su desarrollo socio-económico, con una fuerte componente del sector servicios, y en concreto del sector turístico, que hace que su población supere los 600.000 habitantes durante varios meses al año.

En consecuencia, el principal problema al que se enfrenta este territorio, que se abastece en su totalidad con recursos subterráneos propios (ITGE-Generalitat Valenciana, 1996), es la existencia de un fuerte déficit hídrico de carácter estructural que afecta especialmente a sus principales núcleos urbanos, Benisa, Calpe, Denia y Jávea, y que ha provocado que haya sido necesario bombear agua de pozos salobres en el sistema de suministro de esta última localidad en el verano de 1999, con objeto de no provocar un problema sanitario. Los cortes y restricciones en el servicio son, por otra parte, una circunstancia habitual en estas poblaciones durante la temporada estival.

El origen de dicha situación reside, entre otros aspectos, en el gran volumen y variabilidad de la demanda urbana, así como en la inadecuada explotación de los acuíferos de la comarca donde coexisten unidades fuertemente explotadas con otras claramente excedentarias (Ballesteros *et al.*, 1992).

En áreas próximas a la costa tiene lugar además un gran desarrollo de la actividad agrícola que consume una importante cantidad de recursos, aunque presentan una demanda más estable, cuya satisfacción es preciso compatibilizar con la del abastecimiento urbano. Por último, dentro de la comarca existe también una demanda hídrica medioambiental necesaria para el mantenimiento del ecosistema de la marjal de Pego-Oliva.

2. MARCO HIDROGEOLÓGICO GENERAL

En la comarca de la Marina Alta se encuentran representadas varias unidades hidrogeológicas y subsistemas acuíferos, estos son el Subsistema de Peñón-Montgó-Bernia-Benisa, más o menos coincidente con la U.H. 08.47 Peñón-Montgó-Bernia, según la nomenclatura de la Confederación Hidrográfica del Júcar, el Acuífero de Salem-Albuerca-Gallinera-Mustalla, perteneciente al Subsistema de Solana-Almirante-Mustalla, y equivalente a la U.H. 08.37 Almirante-Mustalla, el Subsistema de la Sierra de Segaria que se corresponde con la U.H. 08.39 Almudaina-Alfaro-Segaria y, por último, el Subsistema de la Plana de Gandía-Denia.

Estos grandes dominios hidrogeológicos presentan a su vez compartimentaciones y subdivisiones, dando lugar a la formación de distintos acuíferos que permiten ser estudiados de forma independiente y cuyas características y condicionantes serán analizados en los siguientes capítulos.

El **Subsistema de Peñón-Montgó-Bernia-Benisa** ocupa una superficie cercana a los 467 km² coincidente a grandes rasgos con la comarca alicantina de la Marina Alta. La unidad hidrogeológica queda limitada al este por el mar Mediterráneo, al norte por la cuenca del río Girona, y al sur y suroeste por los ríos Bolulla y Algar, respectivamente. En su interior se encuentran las sierras del Peñón, Cocoll, Castell de la Solana, Solana de la Llosa, Carrascal, Ferrer, Bernia, Soldetes, Tossalet, Montgó y Llorensá entre otras menos importantes. Los acuíferos que integran el Subsistema son los siguientes:

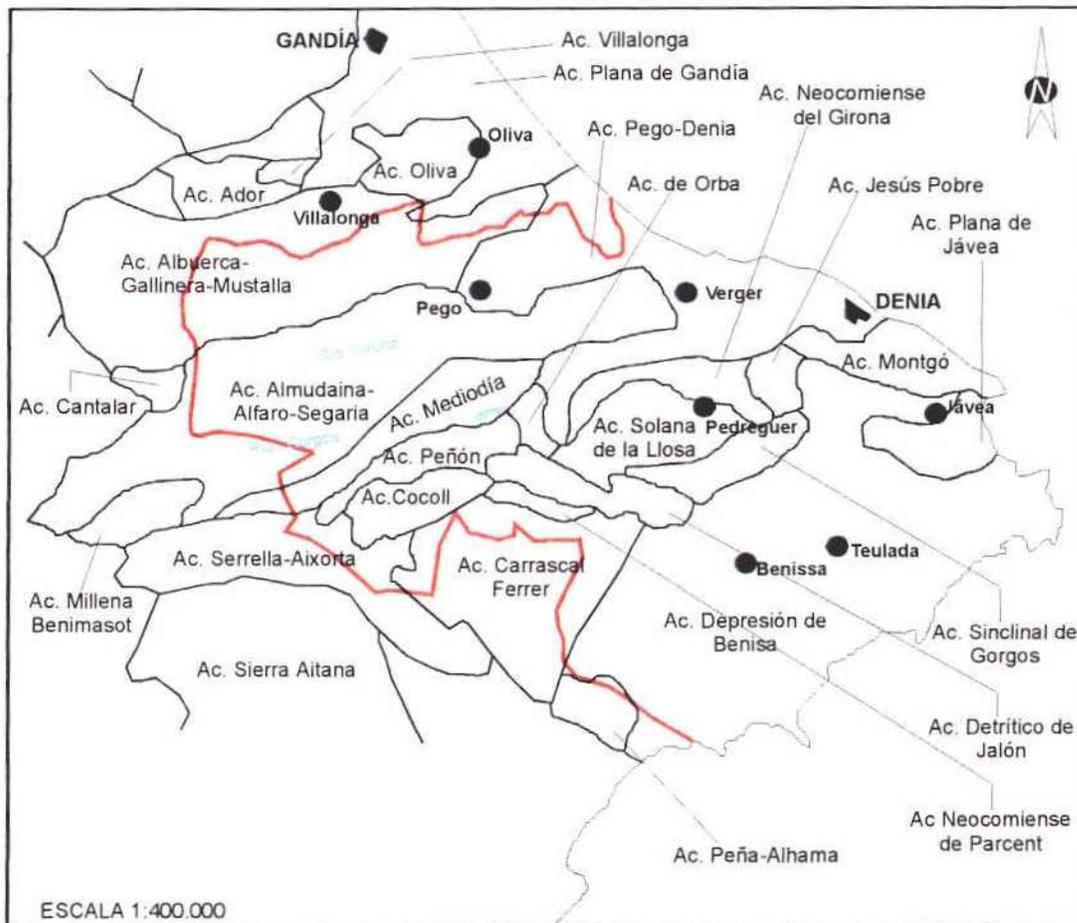
- Acuífero del Cocoll
- Acuífero del Peñón
- Acuífero de Carrascal-Ferrer
- Acuífero Neocomiense de Parcent
- Acuífero detrítico de Jalón
- Acuífero de Orba
- Acuífero de Solana de la Llosa

- Acuífero del Sinclinal del Gorgos
- Acuífero de la Depresión de Benisa
- Acuífero Cretácico del Girona
- Acuífero de Jesús Pobre
- Acuífero del Montgó
- Acuífero de la Plana de Jávea.
- Otros acuíferos: Olivereta, Fontilles y Seguilí.

El **Subsistema de Solana-Almirante-Mustalla**, con una naturaleza eminentemente carbonatada, ocupa una superficie de 560 km², según una dirección alargada ENE-OSO y tiene una longitud de 75 km con una anchura variable entre los 5 y los 15 km. Se encuentra dividido a su vez en varios acuíferos, destacando en importancia, y muy por encima del resto, el de Solana-Benicadell y el de Salem-Albuerca-Gallinera-Mustalla; de todos ellos sólo el último de los mencionados se extiende sobre parte de la comarca de la Marina Baja.

El **Subsistema de la Sierra de Segaria** presenta también forma alargada en dirección ENE-OSO, con una longitud de 38 km y una anchura de hasta 10 km, que le confieren una superficie total de 220 km². El Subsistema se encuentra compartimentado a su vez en dos grandes acuíferos de carácter carbonatado, el de la sierra de Mediodía y el Almudaina-Alfaro-Segaria, pudiendo incluso diferenciarse la sierra de Segaria dentro de éste, así como las pequeñas estructuras de Sanet y Beniarbeig. También sobre la unidad de Almudaina-Alfaro-Segaria se disponen topográficamente varios acuíferos, igualmente de pequeña entidad, como son los de Millena-Benimasot, Cantalar y Margarida, todos ellos localizados fuera del ámbito territorial de la Marina Alta.

Por último el **Subsistema de la Plana de Gandía-Denia** se trata de un extenso acuífero de naturaleza detrítica que ocupa la franja litoral y los valles de los ríos Jaraco, Serpis y Girona, entre Tabernes de Valldigna y Denia, instalado sobre las formaciones pliocuaternarias producto de la erosión de los relieves que lo limitan por el oeste. Tiene una longitud de 45 km y su anchura varía entre los 2 y los 11 km, con una superficie



- Limite de acuíferos
- Comarca de la Marina Alta

3. ORGANIZACIÓN GENERAL DEL FLUJO SUBTERRÁNEO

Las formaciones geológicas presentes en la Marina Alta hacen que el flujo subterráneo se organice preferentemente a través de cuatro niveles transmisivos, que son las que configuran los acuíferos de esta comarca:

- El asociado a las barras calcáreas del tramo Neocomiense-Barremiense.
- El correspondiente al tramo Aptiense-Albiense.
- El conjunto de formaciones que se extienden entre el Cenomaniense-Senoniense y el Oligoceno-Aquitaniense.
- Las formaciones detríticas pliocuaternarias.

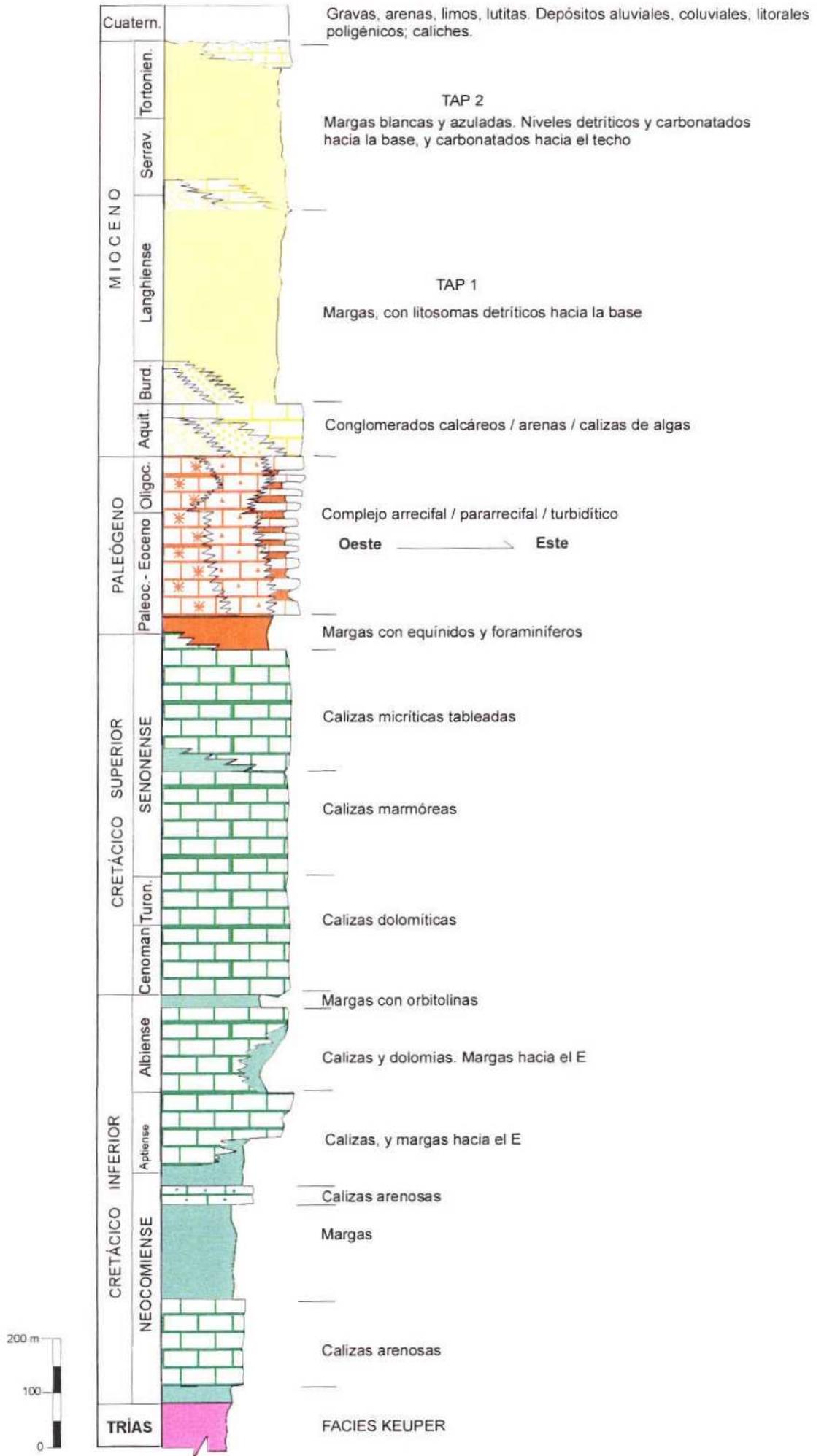
En los acuíferos instalados en el sustrato mesozoico de los valles de los ríos Jalón y Girona (Neocomiense de Parcent, Cretácico del Girona y Jesús Pobre) el flujo se establece preferentemente a través del tramo Neocomiense-Barremiense, mientras que en los acuíferos del Cocoll, Peñón y Orba lo hace sobre el conjunto de las formaciones que constituyen el tramo Aptiense-Albiense.

En la unidad de la depresión de Benisa el flujo se asocia principalmente al tramo Cenomaniense-Oligoceno-Aquitaniense siendo la dirección y sentido O-E, con ramificaciones hacia el SE (sierra de Benitachell) y NE (Tossalet); también en este sistema existe un flujo de dirección y sentido O-E que se inicia a partir de la infiltración en los niveles calizos del Aptiense y que se conecta con el anterior. La descarga natural se efectúa al mar Mediterráneo de forma oculta y visible en puntos singulares como el Morro de Toix y la cueva del Moraig de Benitachell. Las formaciones que del tramo Aptiense-Albiense constituyen también el acuífero instalado en el sinclinal del río Gorgos, que a su vez presentan continuidad hidráulica con las mismas formaciones de la unidad anterior.

En la unidad de Carrascal-Ferrer existen numerosas formaciones transmisivas y varios sistemas de flujo en el ámbito del acuífero, en el que predomina el sentido norte-sur en

aproximada de 250 km². El Subsistema se encuentra dividido en varios acuíferos, siendo el de Pego-Denia, que incluye la marjalería de Oliva-Pego, el único que se encuentra dentro de la comarca de la Marina Alta.

SÍNTESIS LITOSTRATIGRÁFICA



dirección hacia los manantiales del Algar, ya que en las sierras de Carrascal y Besa éste se establece a través de las calizas del Cretácico medio, Cretácico superior y Oligoceno; mientras que en la sierra de Ferrer lo hace por las calizas del Cretácico inferior y Oligoceno; en la depresión de Tárbená por las calizas del Eoceno y en la zona occidental de la sierra de Bernia sobre estos mismos materiales que se encuentran en conexión hidráulica con las calizas del Cretácico y Oligoceno.

Para la unidad acuífera de Castell de la Solana-Solana de la Llosa se diferencian dos sistemas de flujo diferentes con dirección y sentido SO-NE. El primero de ellos se asocia al tramo Cenomaniense-Oligoceno-Aquitaniense que en régimen natural y en circunstancias de fuertes lluvias otoñales descarga a través del manantial de la Alberca (3032-30010) que presenta un funcionamiento muy irregular. El segundo sistema de flujo, desconectado del anterior, se asocia al aparato kárstico desarrollado a favor de los materiales del tramo Aptiense-Albiense que descarga a cota 90 m s.n.m. a través del manantial de las Calaveras (3032-2-0074). En la actualidad y por efecto de las extracciones el flujo se encuentra muy alterado y dirigido, fundamentalmente, hacia los puntos de extracción y en los años secos el abatimiento de los niveles hasta 90 metros por debajo del nivel de mar origina la una recarga de la unidad a partir del detrítico del Girona.

La unidad del Montgó presenta igualmente dos sistemas de flujo, uno inferior instalado en el tramo Aptiense-Albiense que constituye un acuífero semiconfinado alimentado por goteo y drenado por las explotaciones, y otro superior constituido por los sedimentos carbonatados que van desde el Turoniense al Senoniense, cuyo flujo se establece hacia el mar Mediterráneo.

Por su parte en las unidades que se extienden sobre las sierras del sector noroccidental de la comarca: Mediodía, Almudaina, Alfaro, Albuerca, Gallinera y Mustalla, entre otras, el flujo subterráneo presenta un sentido suroeste-noreste, paralelo a las direcciones estructurales que configuran dichas alineaciones montañosas, fundamentalmente a través del conjunto de formaciones carbonatadas del Cretácico

superior, y en menor medida del Eoceno y Mioceno inferior. En estas unidades, cuya alimentación se produce de forma exclusiva a partir del agua de lluvia, su drenaje tiene lugar por las surgencias que dan lugar en la marjalería de Pego y por los manantiales de la sierra del Mediodía.

Por último, los sedimentos pliocuaternarios constituyen los acuíferos del detrítico de Jalón, Plana de Jávea y Pego-Denia, estos dos últimos en contacto directo con el mar Mediterráneo, hacia el que drenan de forma subterránea.

4. ACUIFERO DE LA SIERRA DE COCOLL

4.1 Característica litológicas y geométricas

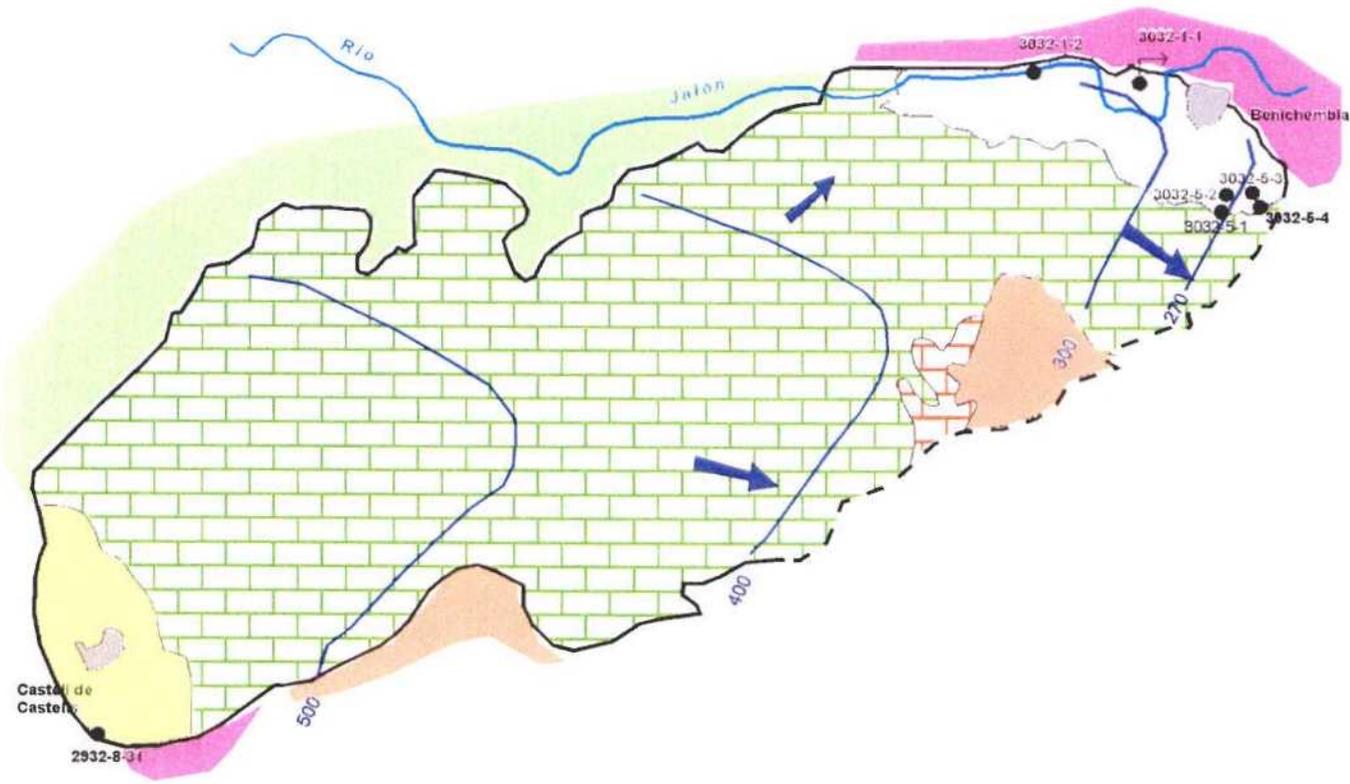
El acuífero se sitúa entre el río Gorgos, Castell del Castell, Benichembla y la Sierra de Carrascal, en donde ocupa una superficie de 16,9 Km², a grandes rasgos coincidente con la Sierra de Cocoll, de forma alargada en dirección SO-NE con una longitud de 7 Km y una anchura máxima de 3 Km. En su interior, o en sus inmediaciones, se encuentran dos poblaciones, Castell de Castells y Benichembla.

El acuífero está constituido por materiales carbonatados cretácicos de 400 metros de espesor, que abarcan desde el Aptiense al Santoniense, agrupable en dos tramos: uno inferior, constituido por alternancia de calizas, calcarenitas, margas y margocalizas atribuibles al Aptiense-Santoniense y otro superior constituido fundamentalmente por calizas del Cenomaniense-Turoniense. Este conjunto se dispone concordantemente las margas barremienses que constituyen el sustrato impermeable, y cuyos afloramientos a lo largo del sector noroccidental del acuífero permiten su individualización del de la sierra del Peñón.

La estructura que afecta a las formaciones acuíferas consiste en una serie monoclinal buzante hacia sureste y afectado por fallas normales, que se encuentra jalonada por arcillas del Keuper ("Klypes" sinsedimentarios o inyecciones diapíricas).

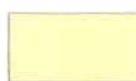
Las margas barremienses de naturaleza impermeable constituyen el límite septentrional del sistema, asociado en este lugar a inyecciones subaflorantes de Trías Keuper, tal y como ha puesto de manifiesto el sondeo 3032-1-2. En el sector nororiental, en las proximidades de Benichembla, existe conexión con el río Gorgos a través del cual tiene lugar el drenaje de parte de la unidad hidrogeológica.

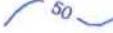
ACUÍFERO DE COCOLL



Escala 1:50 000

LEYENDA

-  Cuaternario detrítico
-  Acuífero carbonatado Oligoceno
-  Acuífero carbonatado cretácico
-  Mioceno impermeable. Margas
-  Paleógeno impermeable. Margas y cal
-  Impermeable de base Neocomiense. Margas, margocalizas y calizas
-  Afloramientos o subafloramientos de Keuper

-  Límite abierto
-  Límite cerrado
-  Sondeo. Manantial
-  Isoplezia (m s.n.m.)
-  Flujo subterráneo

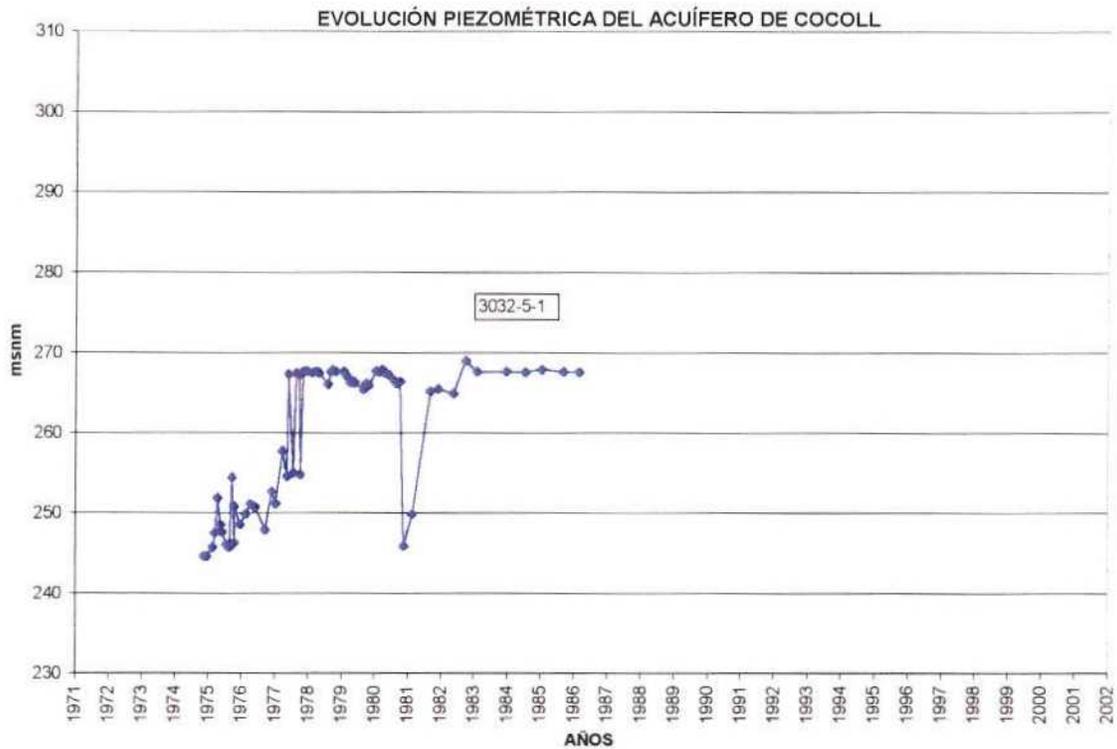
El borde occidental y meridional esta impermeabilizado por margas miocenas de facies "Tap" y arcillas del Keuper, mientras que el borde oriental es abierto ya que en la mitad meridional del mismo los materiales acuíferos del Cenomaniense-Santoniense están en contacto mecánico con los niveles permeables del acuífero de Carrascal-Ferrer con los que puede existir conexión hídrica, en tanto que en la mitad septentrional contactan con las formaciones carbonatadas intraneocomienses que constituyen el acuífero de Parcent, merced al importante salto de la falla existente a lo largo del barranco de Almadich.

Los afloramientos de las formaciones acuíferas ocupan una extensión de 15,1 Km², lo que representan mas del 97% de la superficie total del acuífero. Los materiales del Cenomaniense-Santoniense ocupan la mitad meridional del mismo, a cotas elevadas y con pocas posibilidades de estar saturados, salvo en el sector oriental próximo al barranco de Almadich, en tanto que los materiales acuíferos infrayacentes con frecuencia se encuentran saturados si bien su accesibilidad mediante sondeo esta restringida a los sectores noroccidentales del acuífero, en las proximidades del río Gorgos, y en el extremo suroriental del mismo, en las proximidades de Castell de Castell.

4.2. Características piezométricas

El régimen de la capa no es bien conocido debido a la práctica inexistencia de puntos de control. Las únicas referencias disponibles se refieren a las proximidades de Benichembla, sondeo 3032-5-1, en donde el nivel se localiza entre los 250 y los 270 m s.n.m. con oscilaciones estacionales, para el periodo de observación, de 5 metros, siendo notable la rápida respuesta de éste a las precipitaciones intensas.

Se desconoce con precisión la evolución piezométrica habida en los últimos años, si bien se estima que debido a las contingencias meteorológicas ha sido descendente en periodos secos, a juzgar por la merma de los caudales drenados por algunos manantiales, que en ciertos casos son del orden del 70% (con respecto a las existentes en 1974), y recuperación de éstos en épocas húmedas, sin existir tendencias negativas significativas.



4.3 Funcionamiento hidráulico

El funcionamiento hidráulico de la Sierra de Cocoll no es bien conocido a causa de la escasez de puntos acuíferos y de algunas incertidumbres acerca de su límite suroccidental.

A grandes rasgos la sierra de Cocoll constituye una zona de recarga cuya alimentación se produce exclusivamente por infiltración del agua de lluvia, en tanto que su descarga se produce por emergencias localizadas, salidas al río Gorgos y sobre todo por transferencia subterránea al acuífero Neocomiense de Parcent.

Las emergencias consisten en numerosos manantiales de escasa entidad situados a favor de las intercalaciones margosas existentes en los materiales del Aptiense-Albiense, a una cota variable entre 500 y 330 m s.n.m, que en la mayoría de los casos no es representativa de la posición del nivel piezométrico regional. Se trata de manantiales

caracterizados por su escasa inercia, con respuestas inmediatas a las precipitaciones e importante merma durante el estiaje, y cuyas aguas son finalmente recogidas por el río Gorgos. Los aportes directos a este río se producen a una cota variable entre 380 y 290 m s.n.m a lo largo de una sector situado inmediatamente al oeste de Benichembla.

Las salidas laterales a otros acuíferos se producen a través del límite suroriental, alimentando los niveles calizos del Neocomiense a una cota posiblemente situada en torno a los 250 a 270 m s.n.m

4.4 Balance hídrico

El balance hídrico de esta unidad fue definido por primera vez en un estudio realizado por el IGME en 1985, donde se establecían unas entradas por infiltración de agua de lluvia de 2,25 hm³/año, mientras que se daban una salidas por manantiales de 0,25 hm³/año y de 1 hm³/año debido al drenaje del río Jalón. Por su parte la Diputación de Alicante en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante, editado en el año 1992, cifra los recursos del acuífero en 3 hm³/año.

Con la actualización de datos realizada en este estudio se obtiene el siguiente balance:

<u>Entradas</u>	
Infiltración de lluvia	3,00 hm ³ /año
Total	3,00 hm ³ /año
<u>Salidas</u>	
Manantiales y drenaje del río Jalón	0,55 hm ³ /año
Extracciones por bombeo	0,05 hm ³ /año
Salidas laterales al acuífero Neocomiense de Parcent	2,40 hm ³ /año
Total	3,00 hm ³ /año

4.5 Análisis del uso del agua

El uso del agua del acuífero de Cocoll es mínima y se reduce al aprovechamiento por bombeos de 0,052 hm³/año para el abastecimiento urbano de las localidades de Benichembla (0,024 hm³/año) y Castell de Castell (0,028 hm³/año), así como de otros 0,3 hm³/año destinados a usos agrícolas en estos mismos municipios, en este caso procedentes exclusivamente de manantiales. En consecuencia el aprovechamiento total del sistema ronda los 0,35 hm³/año.

5. ACUÍFERO DEL PEÑÓN

5.1 Características litológicas y geométricas

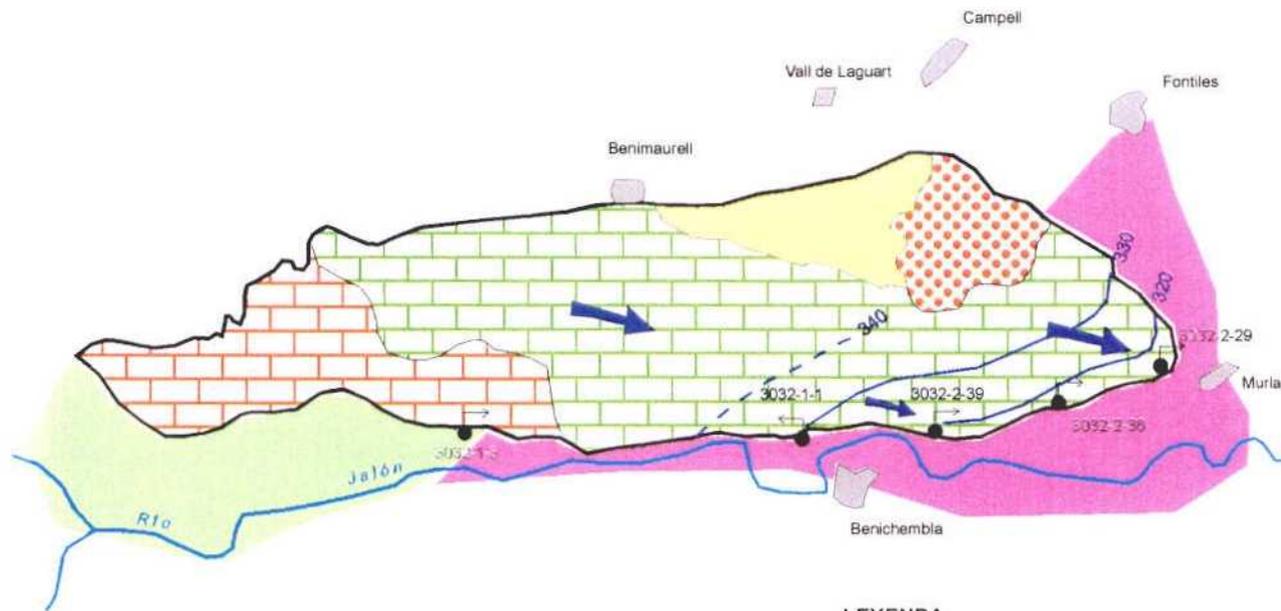
El acuífero del Peñón se sitúa entre el municipio de Vall de Laguart y el río Jalón o Gorgos, con una superficie de 14,6 Km², coincidente a grandes rasgos con la Sierra del Peñón, de la que toma el nombre que, con una forma alargada, se extiende en dirección aproximada E-O sobre una longitud cercana a 9 Km y una anchura mínima de 2 Km. La topografía del acuífero, en concordancia con lo que se acaba de describir, es muy abrupta, no situándose sobre él ningún núcleo de población. El total de afloramientos permeables se cifra en unos 12 Km².

La naturaleza del acuífero es carbonatada, estando constituido por materiales cretácicos que abarcan desde el Aptiense al Santoniense. Estos pueden agruparse en un tramo inferior, de 200 metros de espesor, constituido por una alternancia de calizas, calcarenitas, margas y margocalizas, atribuibles al Aptiense-Albiense, y otro superior con espesor visible del orden de 300 metros, constituido por dolomías y, fundamentalmente, por calizas del Cenomaniense-Santoniense.

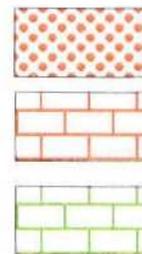
La base impermeable del acuífero puede venir dada por diversas formaciones, que en la mayor parte de la unidad la constituyen las margas del Barremiense, infrayacentes a la serie permeable de la masa acuífera. Sin embargo, los sedimentos margosos del Mioceno en el sector septentrional y del Keuper en el sector oriental llegan a desarrollar también el papel de substrato impermeable.

A grandes rasgos, el acuífero consiste en una estructura cabalgante sobre las margas del Mioceno en facies "Tap", constituida por un pliegue sinclinal cuya terminación oriental presenta una flexura de dirección norte-sur, aparentemente relacionada con fenómenos de tipo halocinético, que provoca la inversión de la serie cretácica.

ACUÍFERO DE PEÑÓN



LEYENDA



Acuífero detrítico Mioceno Superior. Brechas, conglomerados y margas

Acuífero Mioceno Inferior. Calizas arenosas, arenas y margas

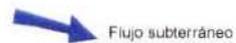
Acuífero carbonatado cretácico



Mioceno impermeable. Facies Tap

Neocomiense impermeable. Margas, margocalizas y calizas

Afloramientos o subafloramientos de Keuper



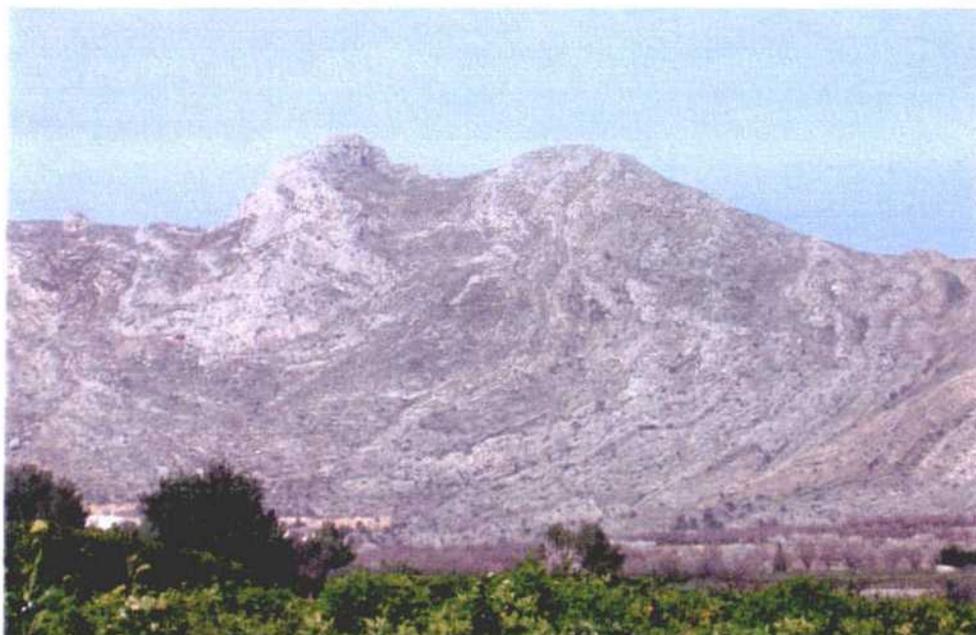
Flujo subterráneo

--- Límite abierto

— Límite cerrado

● Manantial

— Isopieza (m s.n.m.)



El acuífero del Peñón visto desde su flanco sur, donde se observa la estructura sinclinal de las formaciones carbonatadas cretácicas que lo integran

Los límites del acuífero se deducen de lo que se ha descrito en líneas precedentes. El borde septentrional está formado por las margas miocenas sobre las que cabalgan los materiales permeables, el borde meridional y occidental por los afloramientos y subafloramientos impermeables del Barremiense, mientras que el borde oriental lo configuran tanto esta última formación como las margas del Keuper.

5.2 Características piezométricas

El acuífero no presenta explotación a través de sondeos, sino que solamente son aprovechados los caudales procedentes de manantiales. Debido a esto la piezometría no ha sido prácticamente modificada y se mantiene la correspondiente a su régimen natural.

En este sentido, la piezometría base la establece el principal punto de drenaje de la unidad, el manantial de Murla (3032-2-29), localizado a 300 m s.n.m. Esta surgencia presenta una respuesta muy rápida a las precipitaciones y puede dar lugar a caudales superiores a 100 L/s, aunque lo normal son los 2-4 L/s en época seca y los 10-13 L/s en

los años húmedos (Rodríguez et al, 1992). La superficie piezométrica asciende paulatinamente hacia el oeste y hacia el norte, y en el sondeo abandonado 3032-2-3 el nivel se sitúa a 332 m s.n.m., localizándose los manantiales más occidentales a cotas superiores a los 450 m s.n.m.

Por otra parte, en el margen septentrional del acuífero aparecen una serie de pequeñas surgencias localizadas a cotas diversas, relacionados con el drenaje de los sedimentos de pie de monte y productos de alteración "in situ" existentes en este sector, cuya alimentación se verifica a partir del agua de lluvia caída sobre dichos materiales y también de ciertos niveles colgados de la Sierra del Peñón.

5.3 Funcionamiento hidráulico. Balance hídrico

La recarga del acuífero tiene lugar exclusivamente a partir de la infiltración del agua de lluvia sobre los 12 Km² de afloramientos permeables que presenta la unidad, y se establece en torno a los 2 hm³/año (ITGE 1985), si bien la Diputación de Alicante (1992) los establece en 2,5 hm³/año.

Debido a la estructura geológica, las formaciones acuíferas no presentan un gran enraizamiento en el subsuelo por lo que las reservas del acuífero deben de considerarse muy reducidas y solamente en su extremo oriental es donde adquieren un mayor desarrollo.

El flujo subterráneo presenta una clara componente en sentido oeste-este, desde la zona de recarga situada en el sector occidental hacia el extremo oriental del acuífero donde se localizan la principales surgencias.

El drenaje se verifica exclusivamente a través de manantiales y fundamentalmente por el manantial de Murla, que es controlado por la Diputación Provincial de Alicante desde el año 1986. En un análisis de sus datos mediante un modelo de precipitación-

escorrentía tipo MEDA, hallada la función de transferencia, se calculó un caudal medio hiperanual de unos 12 L/s, para el período 1962-88, equivalente a 380.000 m³/año, con caudales medios normales máximos invernales (noviembre-abril) de 20 L/s y caudales medios mínimos (julio-septiembre) de 2 L/s. El volumen real drenado, como se verá más adelante, debe ser ligeramente mayor ya que en la serie analizada no se incluyen las puntas de caudal más significativas, por otra parte muy difíciles de medir si no es con un registro continuo del mismo.

Como se ha comentado anteriormente, existen otros manantiales más o menos independizados del nivel general que descargan principalmente al río Jalón. Estos caudales, sumados a las aportaciones directas a dicho río, podrían aproximarse a 1 hm³/año según el informe del ITGE de 1985. El total de las salidas ascendería por tanto a 1,38 hm³/año, con lo que existe una diferencia de 0,62 hm³/año con las entradas referidas en el citado documento de 1985. Queda, por tanto, la incógnita de saber si ese volumen es drenado subterráneamente hacia otras unidades, o si las descargas a través de las surgencias son en realidad mayores. En este aspecto cabe reseñar el comportamiento "trop plein" del punto 3032-2-36, donde se alcanzan caudales de hasta 200 L/s en períodos de fuertes tormentas, y cuyo volumen drenado es difícil de calcular.

Del análisis detallado de las series temporales disponibles y a partir de la construcción del correspondiente modelo de regresión dinámica, se ha constatado una escasa inercia del sistema hidráulico, con una memoria que podría alcanzar los 50 días, aunque la mayor respuesta se obtiene en los 25 primeros días después de producirse un episodio tormentoso (opus. cit.).

Por último, con los datos actualizados por los trabajos llevados a cabo para la realización de este informe, se ha estimado el siguiente balance hídrico del acuífero:

<u>Entradas</u>	
Infiltración de lluvia	2,12 hm ³ /año
Total	2,12 hm ³ /año

<u>Salidas</u>	
Manantial de Murla	0,50 hm ³ /año
Otros manantiales y drenaje del río Jalón	1,62 hm ³ /año
Total	2,12 hm ³ /año



Acuífero de la sierra del Peñón. A la izquierda y derecha, respectivamente, las poblaciones de Benichembla y Murla

5.4 Análisis del uso del agua

El acuífero es utilizado en la actualidad para satisfacer demandas urbanas y agrícolas. El primer capítulo atiende esencialmente a las necesidades de las poblaciones de Murla (0,038 hm³/año) y Benichembla (0,012 hm³/año), en ambos casos mediante el aprovechamiento de surgencias.

Por otra parte, el uso agrícola se centra en el regadío de 58 ha de cultivos de huerta y, fundamentalmente, de cítricos, con un total de 0,4 hm³/año, entre los que se incluyen los 0,1 hm³/año extraídos por bombeo del bloque acuífero de Olivereta, correspondiendo el resto al uso de manantiales.

En consecuencia con lo expuesto, los volúmenes medios anuales aprovechados se cifran en unos 0,45 hm³/año, de los que 0,05 corresponderían a usos urbanos y 0,4 a usos agrícolas.

5.5 Hidroquímica

El agua del acuífero muestra una escasa mineralización, con un R.S. inferior a 400 mg/L, siendo su facies bicarbonatada cálcica. En concreto los manantiales del flanco meridional (puntos 3032-1-1, 1-3 y 2-29) presentan un residuo seco entre 183 y 333 mg/L, un pH entre 7,3 y 8,1 y una conductividad eléctrica entre 333 y 425 µS/cm. El contenido en nitratos es muy bajo y oscila entre 1 y 10 mg/L. Según la Reglamentación Técnico-Sanitaria vigente (Real Decreto 1.138/1990 de 14 de septiembre) el agua de estos manantiales cumple, por tanto, las condiciones de potabilidad.

6. ACUÍFERO DE CARRASCAL-FERRER

6.1. Definición litológica y geométrica

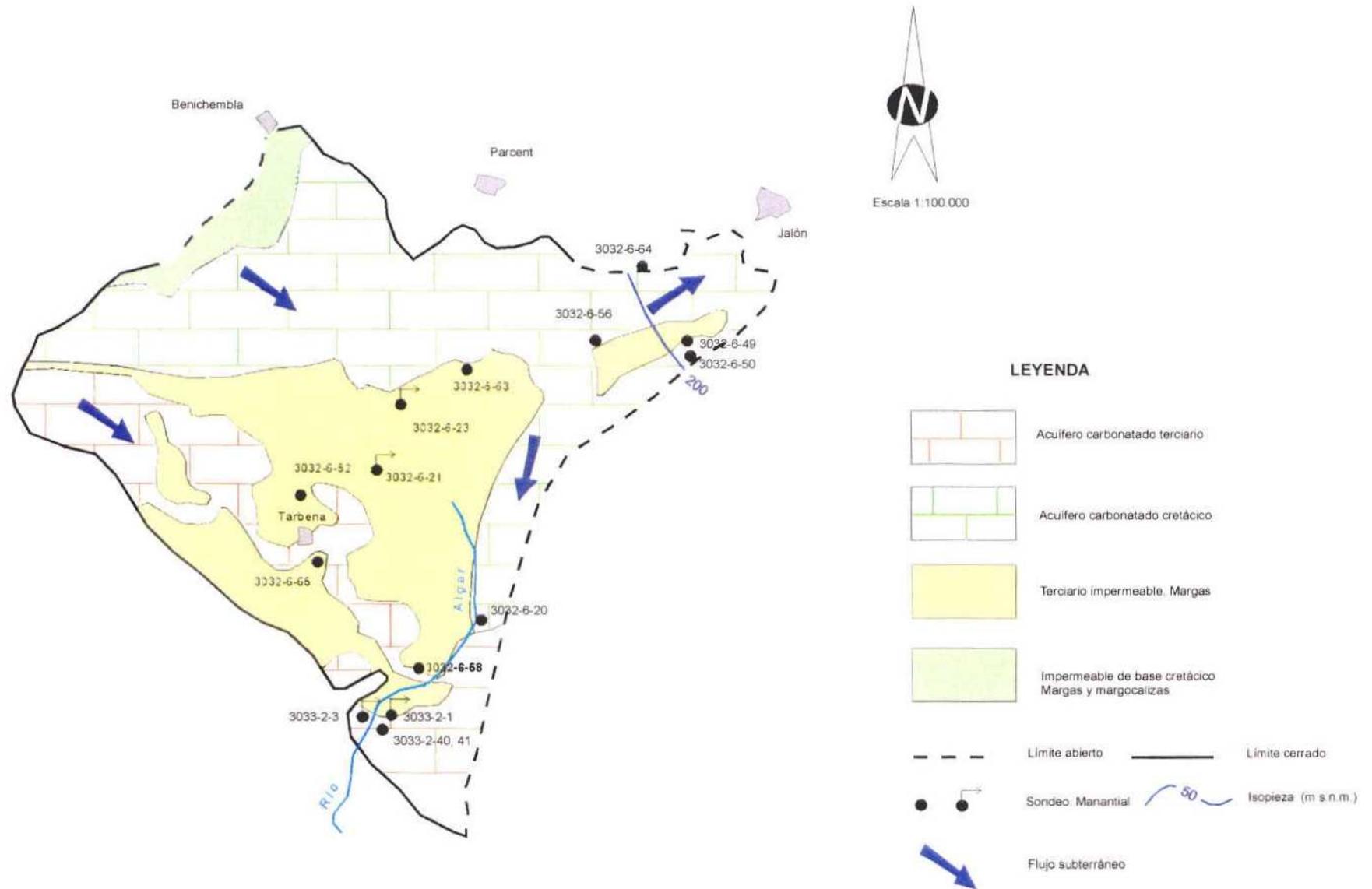
El acuífero se encuentra situado al sur del Río Gorgos y noreste del río Bolulla, y ocupa una superficie de 87,4 km², aproximadamente rectangular, coincidente con las sierras de Carrascal, Ferrer, Besa y sector occidental de la de Bernia. Desde el punto de vista de los objetivos del presente estudio, este acuífero se extiende sobre el borde sur de la comarca de la Marina Alta, siendo difícil acceder a la captación de sus recursos desde ésta, debido a la configuración hidrogeológica del mismo.

Se trata de una zona sumamente abrupta cuya altura topográfica varía entre 200 m s.n.m. en el extremo meridional del acuífero y 1.000 m s.n.m. en la sierra de Carrascal, surcada por numerosos barrancos de dirección aproximada norte-sur, entre los que destacan los de Pozuelos, Montserrat y Cull, subsidiarios del río Gorgos, y el barranco de Villarreal, que después de su confluencia con otros de menor entidad, da lugar al río Algar.

La única población situada dentro del acuífero es Tárben, mientras que próximas al límite septentrional se encuentran las poblaciones de Benichembla, Parcent y Jalón, y junto al límite suroccidental, Bolulla.

Existen numerosas formaciones transmisivas en el ámbito del acuífero, así, en las sierras de Carrascal y Besa constituyen acuífero las calizas del Cretácico medio, Cretácico superior y Oligoceno; en la sierra de Ferrer las calizas del Cretácico inferior y Oligoceno; en la depresión de Tárben las calizas del Eoceno y en la zona occidental de la sierra de Bernia estos mismos materiales, en conexión hidráulica con las calizas del Cretácico y Oligoceno.

ACUÍFERO CARRASCAL - FERRER



Cabe destacar también la existencia de niveles areniscosos y calcareníticos en la base del Mioceno, susceptibles de presentar interés acuífero, que varían tanto en número como en espesor de unas zonas a otras.

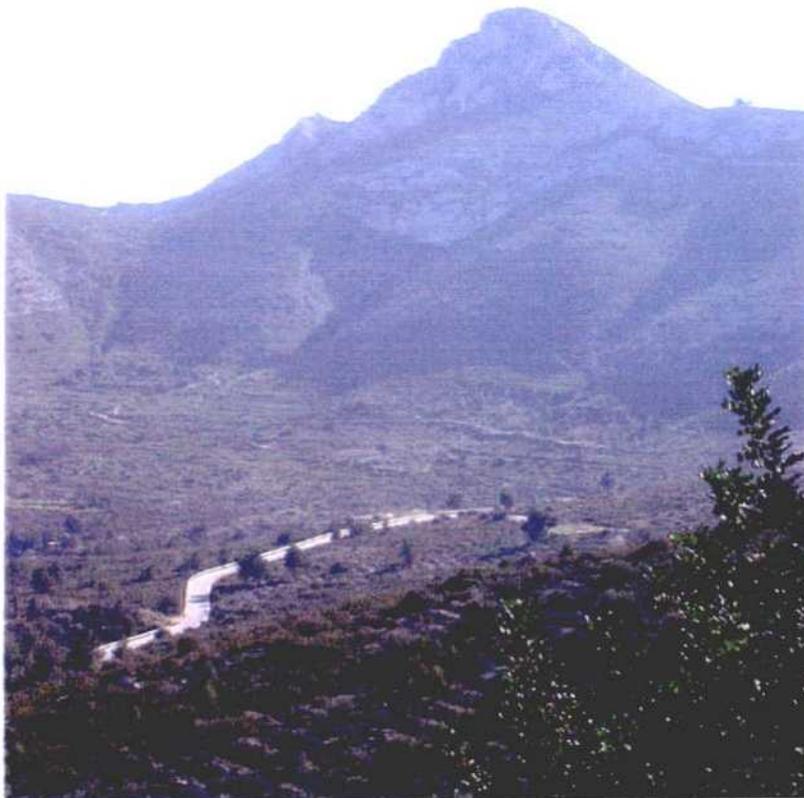
El sustrato impermeable del acuífero está “a priori” constituido por niveles margosos y margocalizas del Barremiense. No obstante, en el sector noroccidental, se detectan bajo estos materiales dos tramos calizos del Neocomiense separados por un tramo margoso de 100 metros de espesor, de los cuales el tramo superior presenta cierta concordancia piezométrica con los materiales calizos suprayacentes, por lo que en rigor estos materiales deben quedar encuadrados conjuntamente en el mismo acuífero. El sustrato impermeable estaría constituido, al menos en ese sector concreto, por 100 metros de margas neocomienses que lo separan de los materiales infrayacentes que quedarían encuadrados en el denominado acuífero Neocomiense de Parcent.

La estructura que afecta al acuífero es sumamente compleja como consecuencia de la acción halocinética del Keuper. La sierra de Ferrer presenta una dirección anómala N-S y estratos verticales, en tanto que la sierra de Carrascal presenta una estructura monoclinial de dirección E-O y buzamiento al sur. Ambas constituyen los flancos septentrional y oriental de un sinclinal de dirección noreste-suroeste, coincidente con la depresión de Tárben, y en cuyo dominio afloran margas burdigalienses que intercalan numerosos olistostromas calizos del Eoceno que se han deslizado hacia el norte como consecuencia del levantamiento diapírico del triás de Altea.

Los límites del acuífero se describen a continuación. El borde sur y suroeste es impermeable y está constituido por el Keuper de Altea y su ramificación de Bolulla. Al noroeste de esta localidad la falla que discurre paralela a la sierra del Oro está presumiblemente impermeabilizada por el ascenso de Keuper.

Al noroeste podría estar en contacto mecánico con el acuífero de la sierra de Cocoll, pero la alimentación que recibiría del mismo pasaría rápidamente al acuífero neocomiense.

El límite septentrional, entre Benichembla y barranco de Pozuelos, es cerrado por afloramientos o subafloramientos de las margas barremienses, en tanto que los niveles acuíferos neocomienses estarían limitados por el Keuper del diapiro de Jalón. En el sector más oriental el límite estaría constituido por estos últimos materiales, que sin embargo no impiden cierta descarga al acuífero cuaternario de Jalón, si bien de muy escasa entidad.



El acuífero Carrascal-Ferrer en su límite septentrional. Afloramientos cretácicos en el Coll de Rates

El límite oriental se hace coincidir con el eje del anticlinal de la sierra de la Venta-Marco del Barco, en cuyo núcleo llega a aflorar el sustrato impermeable. No obstante, este límite es en gran medida desconocido ya que la discordancia de materiales oligocenos impide observar si el sustrato se sitúa en su totalidad por encima del nivel piezométrico. En ausencia de datos concretos se considera posible la conexión en este sector con el acuífero de la depresión de Benisa.

6.2 Características piezométricas

La complicada geología del sistema y la escasez de sondeos en el mismo, hace que el estudio de la piezometría y el consecuentemente el funcionamiento hidrogeológico del mismo presente numerosas incógnitas.

Una de las escasas referencias piezométricas ligadas a las calizas del Cretácico medio-superior y Oligoceno es el sondeo 3032-6-64, situado en el borde septentrional del acuífero al norte de la sierra de Besa, en el que el nivel piezométrico se sitúa a 215 m s.n.m. Esta cota es similar a la existente en el sondeo 3032-6-49, situado 1,5 Km al sureste del anterior, que capta el tramo superior del acuífero neocomiense, lo que avala la conexión entre ambos niveles transmisivos. En toda la mitad septentrional del acuífero este es el único sector en el que los materiales del Cretácico medio, presumiblemente aptienses, se encuentran saturados. En el resto de la zona el único nivel saturado es el constituido por el tramo superior del Neocomiense, perteneciente al acuífero Neocomiense de Parcent, que se sitúa a una cota variable entre 290 m s.n.m. y 140 m s.n.m., condicionado por los afloramientos de Keuper del diapiro de Jalón y por los del flanco sur de la sierra de Carrascal, que lo desconectan del acuífero situado inmediatamente al sur.

La complejidad de este sector es igualmente elevada, ya que otros puntos de agua aparentemente relacionados con estos materiales (sondeos 3033-2-40, 3033-2-41, 3032-6-58) o con calcarenitas miocenas en contacto lateral con los mismos (3032-6-20), ponen de manifiesto un nivel piezométrico, después del comienzo de las explotaciones, variable entre 140 y 160 m s.n.m., claramente inferior al que a priori cabría esperar.

A pesar de esta circunstancia, dichos sondeos ejercen una regulación efectiva sobre las fuentes del Algar, lo que sugiere que el conjunto de niveles transmisivos están en conexión hidráulica entre sí y conforman un acuífero único que posteriormente, en la dirección del flujo, evolucionan hacia la individualización de dos niveles acuíferos: uno superior drenado por las fuentes del Algar y de Coch, que al parecer recibe una importante recarga a partir de la escorrentía superficial que circula por el barranco de Villarreal cuando éste atraviesa las calizas eocenas; y otro inferior formado por materiales de la misma litología, que presumiblemente drenan hacia la depresión de Benisa a una cota difícil de precisar pero que se estima comprendida entre 200 y 70 m s.n.m.

En estas circunstancias la captación del acuífero inferior incrementa el gradiente hacia las depresiones creadas y, en consecuencia, el flujo a través de este segundo nivel transmisor en detrimento del flujo circulante por el nivel superior, regulando inductivamente las fuentes del Algar.

Las areniscas y calcarenitas del Mioceno inferior y las calizas del Eoceno alóctono dan lugar a pequeños niveles acuíferos colgados que drenan a través de numerosos manantiales, situados a cotas variables entre 610 y 330 m s.n.m.

El régimen de la capa en el conjunto del acuífero no es bien conocido debido a la inexistencia de puntos de control. En contraposición, el régimen de la principal surgencia, las fuentes del Algar, es sumamente irregular y puede pasar de 4 m³/seg (marzo de 1979) a caudales de estiaje muy reducidos. El manantial se secó por primera

vez en el verano de 1979, coincidiendo con las pruebas de bombeo de los sondeos 3033-2-40 y 3033-2-41, destinados a su regulación, y esta situación se repite desde el verano de 1981, con su definitiva puesta en funcionamiento.

Hasta esa fecha, el caudal medio drenado por las fuentes del Algar se estima que era de 7 hm³/año, en tanto que el caudal aforado en la estación E-59, situada aguas abajo sobre el cauce del río Algar, asciende a 14 hm³/año. La diferencia entre estas dos cifras corresponde al caudal drenado por la Fuente de Coch (1 hm³/año) y, sobre todo, a la escorrentía superficial en la cuenca vertiente de esa estación (6 hm³/año).

El caudal medio bombeado para la regulación asciende a 8 hm³/año. Las oscilaciones interanuales son de hasta 40 metros, sin que hasta el momento se pueda afirmar con certeza la existencia de una evolución descendente de los niveles piezométricos, ya que no se registra una tendencia clara en su evolución. En este sentido lo único a señalar son las oscilaciones periódicas de 30 a 35 metros verificadas en el piezómetro 3032-6-58, localizado junto a los manantiales del Algar.

6.4 Balance hídrico

El balance hídrico del acuífero, según el informe realizado por el IGME en 1985, y elaborado hasta 1981, le asigna unos recursos de 11,1 hm³/año, y queda sintetizado en lo siguiente:

<u>Entradas</u>	
Infiltración lluvia	9,6 hm ³ /año
Infiltración superficial barranco de Villarreal	1,5 “
Total	11,1 hm ³ /año

<u>Salidas</u>	
Emergencias:	
Fuentes del Algar y Coch	8 hm ³ /año
Otras	0,9 “
Bombeos	0,1 “
Descargas laterales:	
Acuífero depresión de Benisa	2 hm ³ /año
Acuífero detrítico de Jalón	0,1 “
Total	11,1 hm ³ /año

La Diputación Provincial de Alicante, en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante (1992), le asigna unos recursos de 13 hm³/año, con unos aprovechamientos de 11 hm³/año.

6.5 Análisis del uso del agua

La utilización del agua subterránea de este acuífero ha consistido fundamentalmente en el aprovechamiento fuera del ámbito del mismo, concretamente en la comarca de la Marina Baja, de las importantes emergencias existentes y, a partir del año 1981, con la puesta en funcionamiento de los sondeos de regulación de las fuentes del Algar, también de las extracciones realizadas para regadío en detrimento de dichos manantiales.

Desde entonces el aprovechamiento se hace mediante el vertido del agua extraída al río Algar, desde donde es bombeada en una cuantía estimada en 8 hm³/año para su uso por la Mancomunidad de la Marina Baja, tanto para uso urbano como agrícola.

El consumo de agua para abastecimiento urbano en el interior del acuífero es muy pequeño y se reduce a la extracción de unos 50.000 m³/año para el abastecimiento de Tárbenas.

7. ACUIFERO NEOCOMIENSE DE PARCENT

7.1 Características litológicas y geométricas

El acuífero está constituido por intercalaciones de calizas y/o areniscas englobadas dentro de los materiales margoarcillosos del Cretácico inferior, con una potencia total de 350 a 400 metros, que actúan a su vez como impermeable de base de las formaciones acuíferas superiores de edad comprendida entre el Aptiense y el Oligoceno.

Presenta dos niveles permeables claramente separados por un tramo impermeable, esquematizados de la siguiente forma:

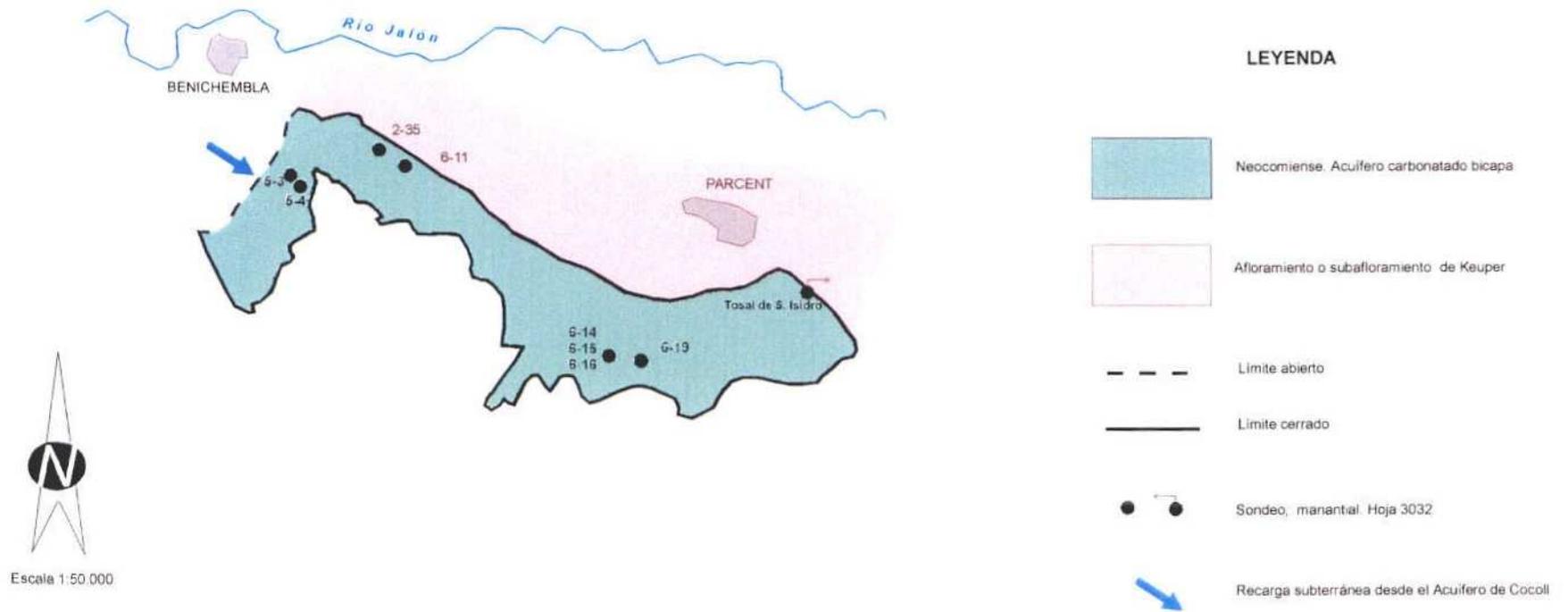
- Un nivel inferior de edad Neocomiense (s.s.) compuesto por 70 a 170 metros de calizas gravelosas oolíticas y detríticas, que constituye el tramo acuífero principal.
- Un nivel superior de edad Barremiense, de 15 a 30 metros de espesor, formado por calizas detríticas, que puede encontrarse ausente en algunos lugares.

Ambos niveles se encuentran separados, como se ha referido, por un paquete arcilloso de 80 a 100 metros de potencia por término medio.

El acuífero, con un tamaño reducido, ya que la formación neocomiense tiene una extensión en superficie de solo 3,5 de km², se encuentra cautivo y subyacente al resto de los acuíferos de la zona, por lo que se desconoce realmente su verdadera extensión, pero sin que llegar a aflorar las formaciones permeables que lo constituyen, que son captadas mediante sondeos situados en los términos de Benichembla y Parcent.

La morfología del acuífero es alargada, según una estructura monoclinal ligeramente buzante hacia el sur, cuyos límites septentrional y oriental vienen dados por la extrusión

ACUÍFERO NEOCOMIENSE DE PARCENT



de los sedimentos arcillosos del Keuper, mientras que el meridional lo constituye el impermeable de techo de la propia formación neocomiense. Por el oeste, el límite es abierto merced a una fractura que pone en contacto las formaciones carbonatadas neocomienses con el acuífero de Cocoll, del que recibe la práctica totalidad de sus recursos y bajo el cual podrían continuar dichas formaciones hasta los afloramientos y subafloramientos de Trías Keuper existentes entre Castell de Castell y Bolulla.

7.2 Características piezométricas. Evolución

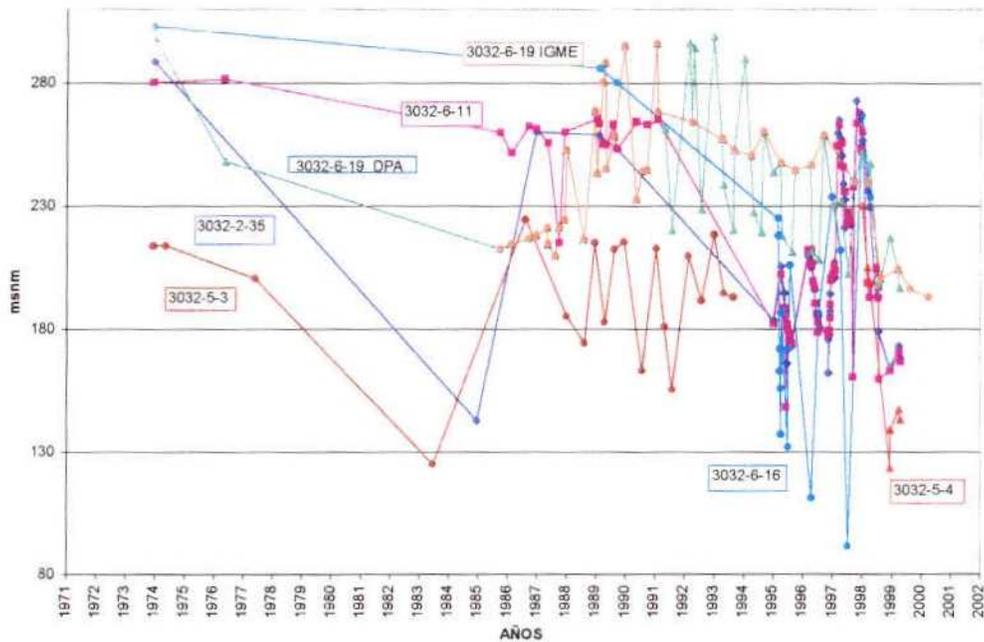
El acuífero se caracteriza por presentar una gran variación en sus niveles piezométricos, dependiendo de factores climáticos y de los volúmenes bombeados, con una evolución de los mismos claramente descendente, por lo que se ha producido un consumo de reservas debido a la sobreexplotación a la que se ha visto sometido. En este sentido es de destacar las acusadas oscilaciones estacionales que pueden superar los 30 metros.

En el sector de Benichembla la piezometría se situaba al comienzo de 1985 a una cota variable entre 120 y 150 m s.n.m., valor que representaba un descenso acumulado en los últimos diez años cercano a 140 metros. En 1989 estos niveles se recuperaron de manera espectacular, situándose en octubre de ese mismo año entre los 260 y 300 m s.n.m. para después volver a bajar en el período de sequía de 1991 a 1996. En la actualidad, después de un período de recuperación entre 1997 y 1998, los niveles se encuentran de nuevo situadas en torno a los 150 a 160 m s.n.m.

En el sector de Parcent la superficie piezométrica se sitúa a cotas similares, si bien en alguna captación se han alcanzado en ciertos momentos los 90 m s.n.m., aunque es posible que las medidas pudieran estar influenciados por bombeos próximos.

A pesar que se desconoce con precisión la morfología de la capa, dada la entidad de las extracciones y la evolución descendente de los niveles es de suponer que el flujo subterráneo se dirige hacia las dos depresiones piezométricas creadas.

EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA DEL ACUÍFERO NEOCOMIENSE DE PARCENT



Hay que destacar que algún sondeo de este acuífero atraviesa el primer horizonte productivo del Neocomiense-Barremiense en el que los niveles se encuentran a una cota notablemente superior a la citada anteriormente y coincidente con la representativa de la unidad de Carrascal-Ferrer.

7.3 Funcionamiento hidráulico. Balance

La alimentación del acuífero procede de los aportes laterales del acuífero de Cocoll que se producen en el sector del barranco del Almadich, e incluso de esporádicas alimentaciones procedentes del acuífero Carrascal-Ferrer en situación de niveles altos, a través de perforaciones ranuradas que capten ambas formaciones acuíferas.

Las salidas tienen lugar exclusivamente por las extracciones realizadas a través de sondeos. En régimen natural es posible que la descarga del sistema se realizase bien por salidas laterales ocultas hacia acuíferos contiguos, o bien a través de manantiales.

En este sentido conviene mencionar la existencia de una surgencia de carácter esporádico junto al Tosal de San Isidro, al sur de Parcent, que en el año 1990, momento en el que los niveles piezométricos alcanzaron sus valores máximos, arrojó un caudal de varias centenas de litros por segundo para desaparecer posteriormente.

El balance hídrico del acuífero puede sintetizarse en las siguientes cifras:

<u>Entradas</u>	
Infiltración de lluvia	0,0 hm ³ /año
Entradas laterales (acuífero del Cocoll):	2,4 hm ³ /año
Total	2,4 hm ³ /año

<u>Salidas</u>	
Bombeos	2,4 hm ³ /año
Total	2,4 hm ³ /año

De estos datos manejados se deduce que para el período 1974/1983 se produjo una explotación de reservas importante lo que ocasionó el descenso de niveles tan acusado verificado en esos años. Sin embargo, este déficit hídrico pudo ser compensado por el periodo extraordinariamente húmedo acaecido entre 1987 y 1990. La escasez de las precipitaciones de los últimos años ha provocado de nuevo el consumo de las reservas del acuífero, que ha traído como consecuencia el desplome de los niveles hasta cotas similares a las del año 1985.

En la actualidad, a pesar de registrarse una situación de equilibrio en el balance, el acuífero se encuentra en “sobreexplotación estática o acumulada”, es decir en una situación en la que después de haber consumido la mayor parte de sus reservas con bombeos superiores a sus recursos, las extracciones quedan finalmente reducidas a las entradas del sistema.

7.4 Análisis del uso del agua

El acuífero es utilizado para abastecimiento urbano y agrícola. Las extracciones medias anuales para el primer caso son de 1,52 hm³/año, volumen que es consumido por las poblaciones de Benisa, Senija y los municipios de la Mancomunidad del Vall del Pop (Parcent, Jalón, Alcalalí y Llíber). Para uso agrícola se extraen 0,88 hm³/año, con los que se dota la superficie dedicada fundamentalmente al cultivo de cítricos que se extiende a lo largo del curso medio del río Jalón.

7.5 Hidroquímica

El agua del acuífero es de buena calidad, con residuos secos moderados a pesar de la cercanía de las margas y yesos del Trías. Sin embargo, algunos sondeos existentes al sur del término de Llíber (3032-7-13), instalados en la formación neocomiense aunque en este caso desconectados del acuífero de Parcent, presentan una salinidad muy elevada con conductividades del orden de 9.000 a 11.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y contenidos en cloruros entre 4.000 y 6.000 mg/L. Estas captaciones suelen presentar piezometrías muy bajas y se localizan cerca de los materiales yesíferos del Keuper de Jalón, por lo que este fenómeno es achacable a un efecto de lixiviación de dicha formación potenciado por la compartimentación del acuífero Neocomiense en bloques tectónicos de pequeñas dimensiones.

8. ACUÍFERO CUATERNARIO DE JALÓN

8.1 Características litológicas y geométricas

Este sistema está constituido por los sedimentos detríticos ligados al aluvial del río Gorgos existentes entre las localidades de Alcalalí y Lliber, y el piedemonte que orla el límite septentrional del acuífero de Carrascal-Ferrer.

Se trata de un acuífero superficial de características muy pobres, desconectado del contexto regional y consiguientemente de escasa importancia, que ocupa una depresión morfológica de 15 Km² de superficie, la mayor parte de ella perteneciente a los términos de Alcalalí, Jalón y Benisa, situada entre los acuíferos de Carrascal-Ferrer al sur; la Depresión de Benisa al este y Solana de la Llosa al norte.

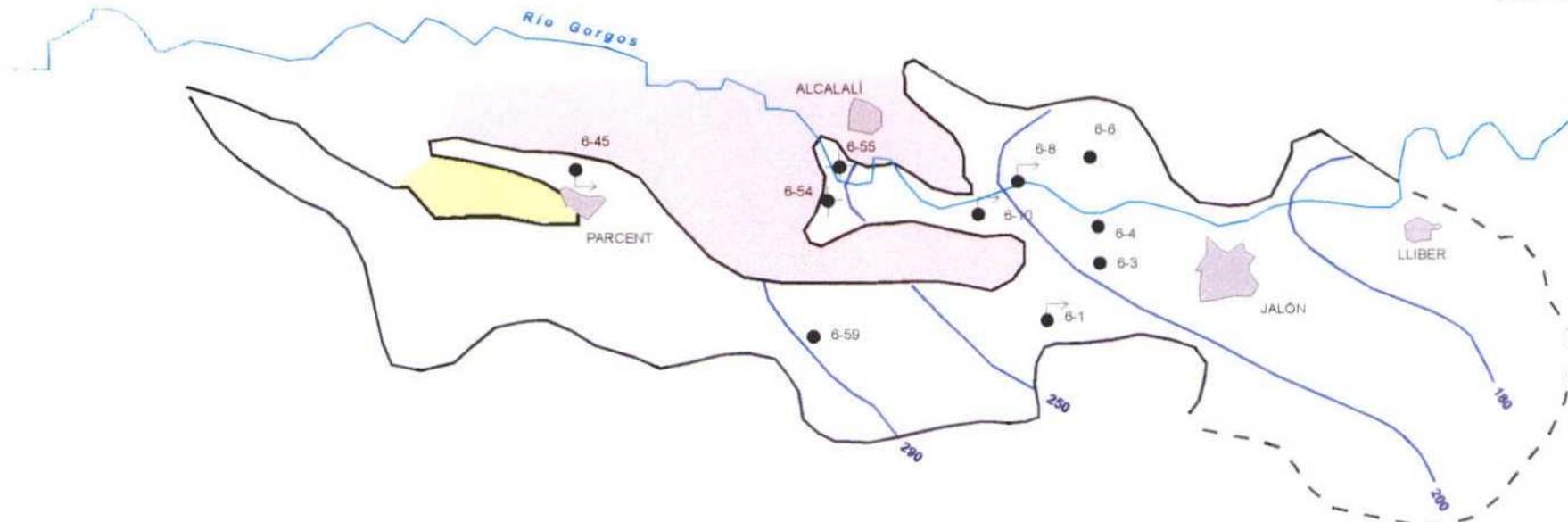


El acuífero Cuaternario de Jalón ocupa la depresión montañosa interior existente entre las sierras de Carrascal y Solana de la Llosa

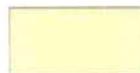
ACUÍFERO CUATERNARIO DE JALÓN



Escala 1:50.000



LEYENDA

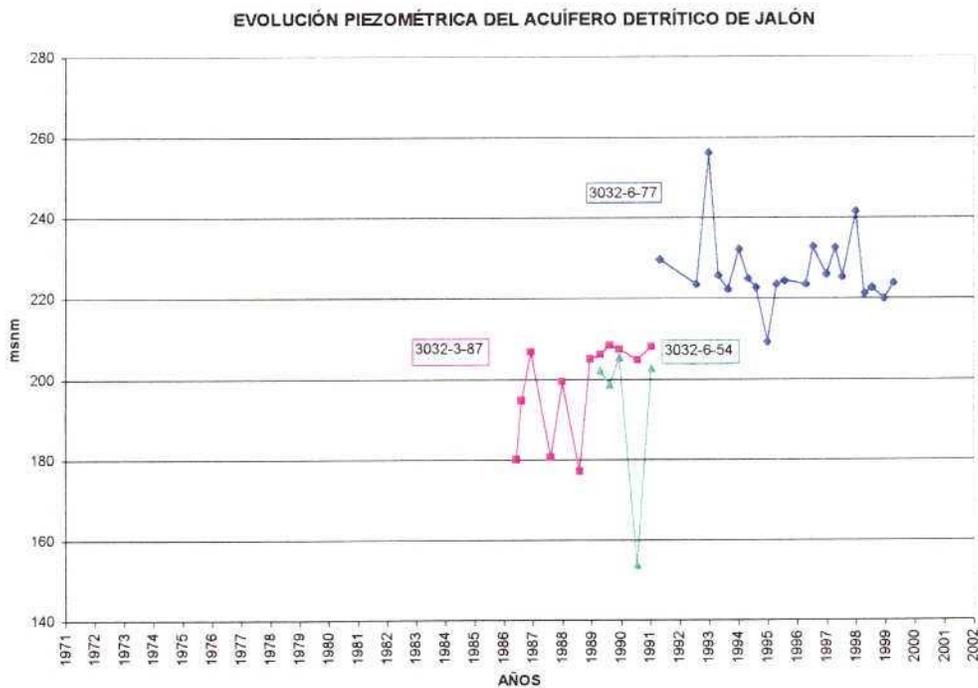
- | | | | |
|---|--|---|------------------------|
|  | Acuífero detrítico Cuaternario |  | Afloramiento de Keuper |
|  | Impermeable de base Mioceno (Facies Tap) |  | Isopieza (m s.n.m.) |
|  | Limite abierto |  | Limite cerrado |
|  | Sondeo, pozo, manantial. Hoja 3032 | | |

Los niveles productivos están constituidos por delgadas intercalaciones de gravas y arenas embutidas en una formación de limos y arcillas de hasta 30 metros de espesor, que hacia el oeste descansan sobre materiales triásicos del diapiro de Jalón y hacia el este sobre materiales cretácicos y eocenos encuadrados en los acuíferos limítrofes.

Dentro del acuífero se incluyen también los niveles calcáreos englobados en los materiales triásicos del Keuper que son captados en las proximidades de Alcalá.

8.2 Características piezométricas

La piezometría muestra un fuerte control topográfico y coincide prácticamente con la superficie del terreno bajo el cual el agua se encuentra a escasos metros de profundidad. El flujo se efectúa en dirección este, desde el sector de Parcent donde la piezometría se sitúa cercana a los 300 m s.n.m., hacia el río Gorgos, que constituye el nivel de base del acuífero a cotas comprendidas entre 200 y 170 m s.n.m., y hacia las zonas de explotación.



Las características de un acuífero como éste lo hacen sumamente vulnerable a las contingencias climatológicas, por lo que en años secos es posible que el incremento de las oscilaciones interanuales deje amplios sectores drenados. Este hecho no es en modo alguno irreversible pero indica su poca capacidad de regulación, insuficiente incluso de cara a la escasa demanda que soporta.

8.3 Funcionamiento hidráulico. Balance

La alimentación del sistema procede en su mayor parte de la infiltración del agua de lluvia, así como de la escorrentía superficial procedente de las zonas montañosas que lo circundan, aunque no se descarta que pueda darse una pequeña transferencia procedente de los acuíferos limítrofes (fundamentalmente Carrascal-Ferrer), así como recarga del río Gorgos durante sus avenidas. En este caso se trataría de aguas que han interrumpido su movimiento descendente hacia el nivel de saturación del acuífero de Carrascal-Ferrer, a favor del acuífero de Jalón, debido a pequeñas componentes laterales del flujo subterráneo en la zona no saturada, ya que su nivel piezométrico se encuentra ligeramente por debajo del correspondiente al acuífero detrítico.

Las salidas se producen fundamentalmente mediante extracciones, la mayoría de ellas procedentes de pozos abiertos de 7 a 9 metros de profundidad y rendimientos inferiores a 1 l/s, con la excepción de los sondeos 3032-6-54 y 6-55 que captan con mayor fortuna los niveles calcáreos englobados dentro del Trías.

El drenaje hacia el río Gorgos se realiza normalmente de forma indirecta a través de numerosos manantiales de escasa entidad (1 l/s) situados en sus inmediaciones, la mayoría de ellos aprovechados "in situ". Las salidas directas al río deben de ser muy localizadas en el tiempo puesto que su cauce permanece casi siempre seco durante el estiaje.



El río Gorgos a su paso por la localidad de Jalón

Debe existir también cierta descarga hacia el acuífero de la depresión de Benisa, ya que los materiales cretácicos que constituyen dicho sistema subyacen bajo su extremo oriental.

8.4 Balance hídrico

El balance hídrico de la unidad se establece según lo siguiente:

<u>Entradas</u>	
Infiltración lluvia y recarga del Gorgos	2,5 hm ³ /año
Retorno regadíos	0,45 hm ³ /año
Entradas laterales (Ac. Carrascal-Ferrer)	0,1 hm ³ /año
Total	3,05 hm ³ /año

<u>Salidas</u>	
Salidas al río Gorgos	0,5 hm ³ /año
Salidas al acuífero de la depresión de Benisa	1,5 hm ³ /año
Bombeos	0,3 hm ³ /año
Emergencias	0,75 hm ³ /año
Total	3,05 hm ³ /año

8.5 Análisis del uso del agua

El uso del agua subterránea de este acuífero es mínimo, en concordancia con su escasa entidad y, sobre todo, con las poco favorables condiciones hidrogeológicas que presenta para la captación de sus recursos. Está dedicado al riego de numerosas parcelas existentes en la superficie del mismo a partir de pozos abiertos de gran diámetro y del aprovechamiento de pequeños manantiales, con un volumen total estimado de 0,78 hm³/año (de los que 0,28 hm³/año corresponden a bombeos).

Existe también un pequeño uso urbano, de 0,02 hm³/año, para el abastecimiento a la población de Alcalalí, con lo que el total de los volúmenes utilizados asciende a 0,8 hm³/año.

9. ACUÍFERO DE ORBA

9.1 Características litológicas y geométricas

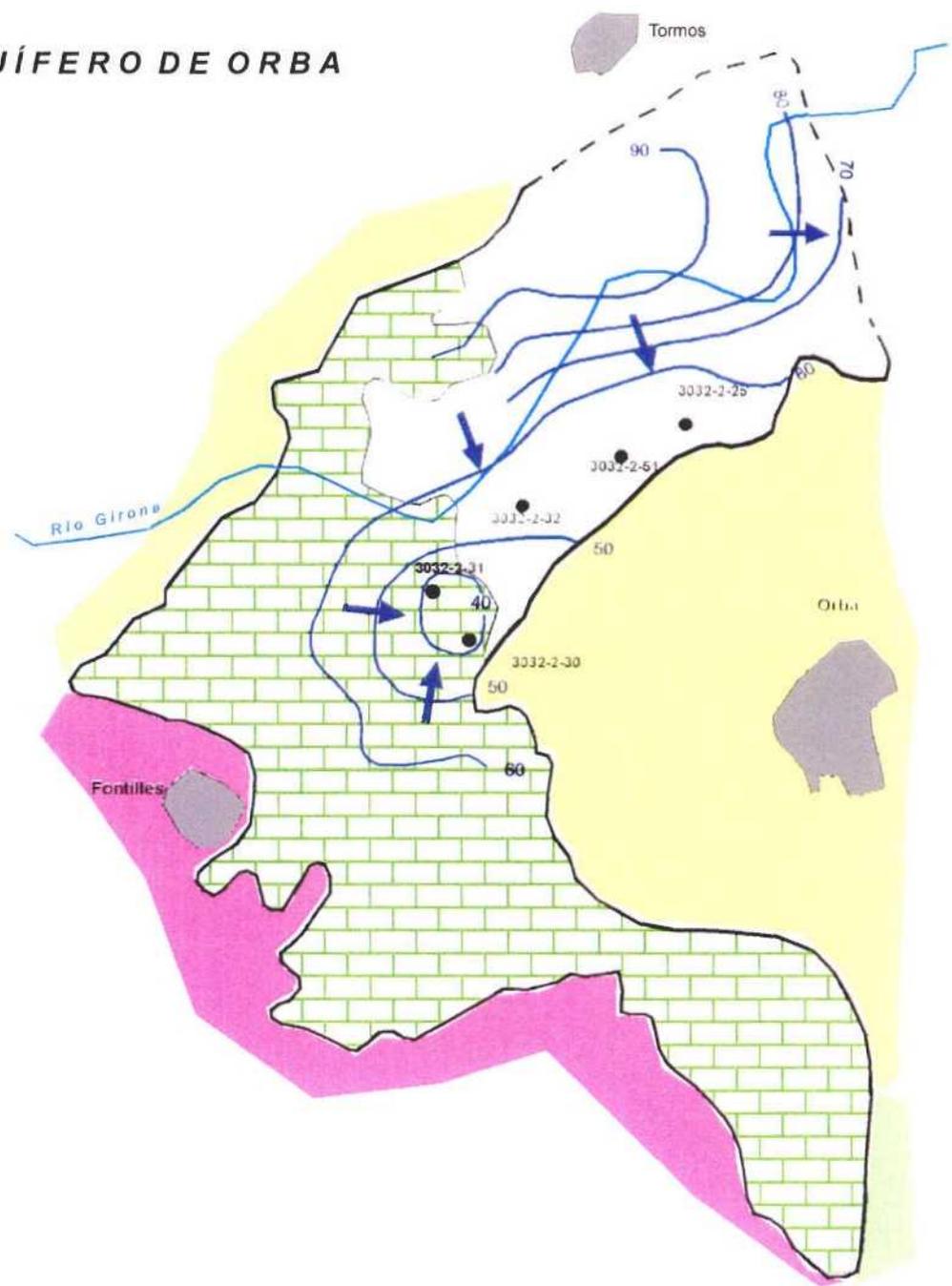
Se trata de una estructura permeable localizada en un pequeño compartimento tectónico situado entre los acuíferos del Peñón y Solana de la Llosa, que en la primera mitad de los años ochenta fue objeto de una intensa sobreexplotación.

El acuífero se extiende sobre una superficie de 6 Km² comprendida entre los 100 y los 400 m s.n.m., que va desde el inicio de la llanura aluvial del río Girona hasta los primeros relieves mesozoicos existentes hacia el oeste. En sus bordes se asientan las localidades de Orba y Fontilles, mientras que en su interior se ubica alguna urbanización dependiente de la primera población.

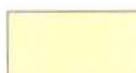
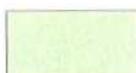
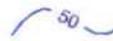
La naturaleza del acuífero es carbonatada y está constituido por formaciones de edad Aptiense-Senoniense dispuestas sobre un nivel de margas barremienses que actúan como substrato impermeable. La potencia de dicha formación es en este punto muy superior a los 500 metros, de los que los 170 basales son calizas con intercalaciones margosas pertenecientes al Aptiense-Albiense, con una permeabilidad media en conjunto, seguido por 100 metros de calizas gravelosas y biodetríticas del Albiense-Cenomaniense de permeabilidad variable, y por 150 metros de calizas con dolomías a muro, de edad Cenomaniense-Turoniense, de permeabilidad media-alta, que continúan con unos 260 metros de calizas micríticas blancas de aspecto tableado pertenecientes a la parte inferior del Senoniense.

El límite noroccidental lo constituye una falla inversa que pone en contacto las formaciones acuíferas mencionadas con los materiales miocenos impermeables de la facies "Tap" que son cabalgados por aquéllas. El límite meridional y suroccidental viene definido por la presencia del Trías Keuper, que aflora claramente en superficie o se encuentra bajo los sedimentos cuaternarios existentes al norte de la localidad de Murla. El límite oriental es el más complejo ya que su parte meridional (sector de Port de Parcent) lo conforma una

ACUÍFERO DE ORBA



LEYENDA

-  Cuaternario detritico
-  Acuífero carbonatado cretácico
-  Mioceno impermeable. Facies Tap
-  Impermeable de base Neocomiense
Margas, margocalizas y calizas
-  Afloramientos o subafloramientos
de Keuper
-  Límite abierto
-  Límite cerrado
-  Sondeo
-  Flujo subterráneo
-  Isopieza (m s.n.m.), 1994

fractura que pone en contacto al impermeable de base con las formaciones acuíferas. Algo más al norte este límite está definido por el contacto mecánico entre los afloramientos de facies "Tap" existentes en torno al núcleo urbano de Orba y las formaciones permeables que constituyen el propio acuífero.

Por último, el límite nororiental se hace coincidir con una importante falla deducida por geofísica, situada al noroeste de Orba y oculta bajo los materiales cuaternarios del aluvial del río Girona, que pondría también en contacto a las formaciones permeables del acuífero con las de facies "Tap". A través de este borde y de los sedimentos permeables de carácter detrítico que recubren a esta falla, cuyo espesor estimado es de unos 20 a 40 metros, se establece el drenaje natural hacia el acuífero de la Plana de Gandía-Denia cuando hay recursos excedentarios.

Las últimas investigaciones realizadas han descartado la posibilidad, mencionada en anteriores informes, de la existencia de una conexión con el acuífero del Peñón a través del sector de Fontilles.

9.2 Características piezométricas y evolución

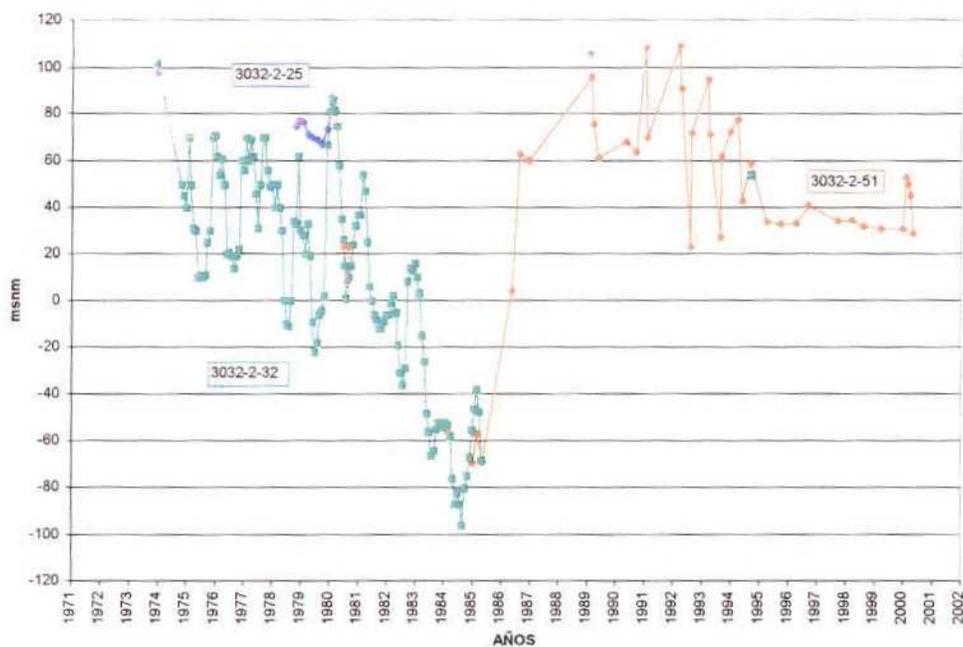
La evolución del nivel piezométrico ha presentado una gran variación a lo largo del tiempo, fiel reflejo de las características del acuífero y de las condiciones de explotación a las que se ha visto sometido. Debido a ello se pueden establecer cuatro etapas claramente diferenciadas.

En la primera etapa, que va desde el inicio de las primeras extracciones importantes (a mediados de los años setenta) hasta el año 1980, se observa que después de un primer descenso la piezometría se mantiene en torno a los 40 m s.n.m. con variaciones estacionales próximas a los 50 metros.

La segunda, desde 1980 hasta el año 1985, se caracteriza por un descenso constante de niveles, con fluctuaciones relativas interanuales de unos 30 metros, que alcanzan sus

valores mínimos entre 1984 y 1985, momento en el que se sitúan entre los -40 y -90 m s.n.m. Este hecho obedece a la existencia de un largo período seco y a las importantes extracciones que se realizaban en los sondeos de Orba 3 y 3 bis (3032-2-32) destinados al abastecimiento de Calpe.

EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA DEL ACUÍFERO DE ORBA



A partir de julio de 1985 (tercera etapa), al cerrarse por orden judicial las explotaciones mencionadas y al aumentar las precipitaciones, los niveles del agua ascienden de forma importante hasta situarse entre los 90 a 100 m s.n.m. en el año 1991, con un máximo de casi 109 m s.n.m. en 1992. En los siguientes años, correspondientes a la cuarta y última etapa, los niveles se mantienen mucho más estables, aunque se observa una moderada tendencia descendente a al comienzo del período, y quedan finalmente situados a partir del año 1995 entre los 30 y los 50 m s.n.m.

De lo anteriormente expuesto se puede estimar una variación de la piezometría con respecto al total del período de registro de más de 200 metros entre sus respectivos máximos y mínimos históricos.

Debido a las condiciones de sobreexplotación y descenso generalizado de niveles a que se ha visto sometido el acuífero, se han producido también modificaciones en el sentido de la escorrentía subterránea a lo largo del tiempo. En régimen natural o de escasa explotación, como en febrero de 1974 o en mayo de 1992, el flujo se establece en sentido noreste, hacia el acuífero de la Plana de Pego-Denia (e incluso podría ser también hacia el Cretácico del Girona); sin embargo, en situaciones de explotación intensa el acuífero es drenado en su totalidad a través de las captaciones, acentuándose la depresión piezométrica existente en el sector definido por los puntos 3032-2-51 y 3032-2-30, e invirtiéndose totalmente el sentido natural del flujo subterráneo. Esta situación fue especialmente visible en los años correspondientes a la segunda etapa (1980 a 1985), sobre todo en sus dos últimos años.

9.3 Funcionamiento hidráulico. Características hidrodinámicas

La alimentación se produce esencialmente por infiltración del agua de lluvia y, eventualmente, por infiltración de la escorrentía superficial que proporciona el río Girona, además de los retornos de regadíos. Las entradas procedentes de los acuíferos colindantes son prácticamente inexistentes al faltar una buena conexión hidráulica con éstos. Como ya se ha comentado se descarta que pueda darse cualquier transferencia subterránea proveniente del acuífero del Peñón.

Las salidas del acuífero, tal y como se ha expuesto anteriormente, han tenido lugar de diferentes formas según el período de tiempo considerado, pero en la actualidad éstas se verificarían a través de bombeos y de alimentación lateral al acuífero detrítico de Pego-Denia, que se produce cuando la superficie piezométrica supera la cota de los 80 a 85 m s.n.m. en el borde oriental del acuífero, momento en el que tiene lugar el “rebose” del sistema y su descarga hacia el aluvial del Girona.

Los recursos del acuífero se establecen en un volumen de 3,52 hm³/año, siendo su balance hídrico en la actualidad el siguiente:

<u>Entradas:</u>	
Infiltración lluvia	1,80 hm ³ /año
Infiltración del río Girona	1,22 hm ³ /año
Retorno regadíos	0,50 hm ³ /año
Total	3,52 hm ³ /año

<u>Salidas:</u>	
Bombeos urbanos y agrícolas	2,22 hm ³ /año
Salidas laterales al aluvial del Girona	1,30 hm ³ /año
Total	3,52 hm ³ /año

9.4 Análisis del uso del agua

Las aguas de este acuífero sólo son aprovechadas mediante extracciones por bombeo con un volumen medio anual de 2,2 hm³/año, de los que 0,43 hm³/año se utilizan para el abastecimiento de la población de Orba y 1,79 hm³/año para el riego de cítricos dentro del término municipal de esta misma localidad.

9.5 Hidroquímica

La evolución de la calidad química de las aguas subterráneas ha sido coherente con el elevado aislamiento del acuífero. Estas son bicarbonatadas cálcicas, si bien en las épocas más secas y en los pozos más profundos se aprecia un considerable enriquecimiento en sulfatos debido al elevado tiempo de residencia del agua en los niveles inferiores.

Se tienen datos analíticos desde los años setenta, cuando se iniciaron las explotaciones, en concreto del sondeo Orba 1 (3032-2-30) que puede considerarse representativo del acuífero. En este punto la conductividad ha pasado de valores situados en torno a los 450-480 µS/cm hasta los 678 µS/cm de 1991. Esto es debido esencialmente al aumento del

contenido en sulfatos que de los 21,6 mg/L de 1977 pasa a los 115 mg/L en 1992 para posteriormente estabilizarse entre los 80 y 90 mg/L.

El contenido en calcio y magnesio también sufre ligeros incrementos, con máximos en 1992, para descender nuevamente en los años siguientes. Respecto al contenido en nitratos, se aprecia un incremento importante aunque se sigue manteniendo en valores bajos. De los 3,5 mg/L de 1977 se ha pasado a los 11-15 mg/L en los últimos años.

En cuanto a su aptitud como agua para consumo humano, reúne todos los requisitos en sus componentes mayoritarios en los análisis llevados a cabo por la Diputación Provincial. Sin embargo, se ha detectado en ocasiones la presencia de algunos componentes minoritarios como hierro, manganeso y mercurio.

La calidad del agua para riego es del tipo C_2S_1 según las normas Riverside, que corresponden a aguas de salinidad media, con bajo riesgo de salinización del suelo y con una baja relación de adsorción de sodio que implica un bajo peligro de alcalinización.



Sondeo de abastecimiento urbano de Orba (Orba II)

10. ACUÍFERO DE SOLANA DE LA LLOSA

10.1 Características litológicas y geométricas

El acuífero se extiende entre las localidades de Orba y Pedreguer, con una superficie de 35 km² de forma ligeramente alargada en dirección E-O, coincidente con las sierras de Solana de la Llosa y Castell de la Solana. Su longitud máxima es de 11,5 km y su anchura de 6 km, mientras que la superficie de afloramientos permeables es de 30 km².

Se trata de una zona abrupta, cuya altitud varía entre los 100 m s.n.m. en el extremo meridional y los 608 m s.n.m. en el vértice de Castell de Aixa. En su interior no se ubica ningún núcleo urbano de importancia, situándose éstos en la periferia, entre los que destaca Pedreguer y Benidoleig en su límite septentrional.

El acuífero está constituido por el conjunto de materiales carbonatados depositados en el periodo Aptiense-Aquitaniense con un espesor global superior a 600 metros. De todos ellos las calizas turonienses constituyen las formaciones con máximo interés hidrogeológico, si bien existe una gran heterogeneidad espacial de sus características hidrodinámicas, en función del mayor o menor grado de karstificación, por lo que en el borde septentrional y flanco suroriental de Solana de la Llosa las captaciones registran elevados rendimientos, en tanto que en el borde meridional éstos bajan considerablemente.

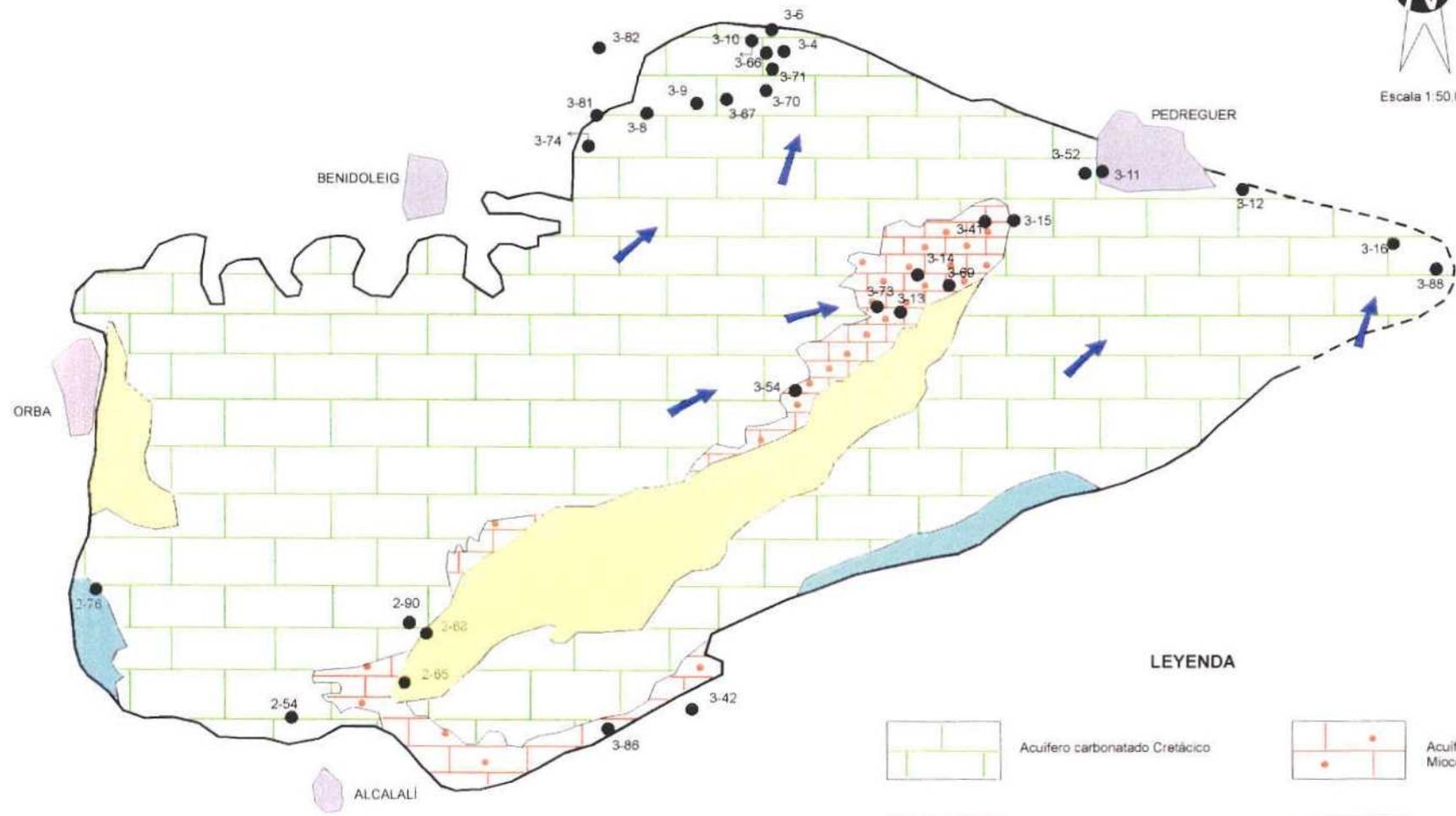
Por su parte, el tramo acuífero Aptiense-Cenomaniense está afectado por una karstificación diferencial muy elevada, de la que es buen ejemplo el manantial kárstico de la cueva de las Calaveras, resultando nulos o con rendimientos muy bajos un elevado porcentaje de los sondeos perforados en él.

El substrato impermeable del sistema está constituido por las margas y margocalizas del Neocomiense, que conforma a su vez también el límite septentrional del acuífero. No

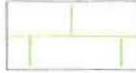
ACUÍFERO SOLANA DE LA LLOSA



Escala 1:50.000



LEYENDA

- | | | | |
|---|-----------------------------------|---|--|
|  | Acuífero carbonatado Cretácico |  | Acuífero detrítico-carbonatado Mioceno |
|  | Impermeable de base (Neocomiense) |  | Mioceno impermeable (facies Tap) |
|  | Límite abierto |  | Límite cerrado |
|  | Sondeo, manantial. Hoja 3032 |  | Flujo subterráneo |

obstante, las captaciones existentes en Benidoleig que explotan el contiguo acuífero del Cretácico del Girona, presentan en épocas de aguas altas un nivel piezométrico similar al del Solana de la Llosa, por lo que se duda que en todo este borde dichos materiales jueguen este papel. El borde septentrional del acuífero es, por tanto, de naturaleza variable y está cerrado al oeste de Benidoleig por afloramientos del sustrato impermeable, en tanto que entre esta última localidad y Pedreguer el límite se considera cerrado a causa del cabalgamiento de los materiales acuíferos sobre margas "Tap", oculto bajo sedimentos cuaternarios. Este tipo de límite no impide que haya conexión con el acuífero aluvial del Girona, siempre que la piezometría sea lo suficientemente alta para permitirlo y también, tal y como se acaba de comentar, la intensa tectonización propicie la conexión con el acuífero Neocomiense infrayacente.



El acuífero de Solana de la Llosa visto desde su flanco suroccidental. En primer término la localidad de Parcent, a la izquierda, y el acuífero Cuaternario de Jalón, que ocupa el fondo del valle que se observa a la derecha.

El límite occidental de la unidad está impermeabilizado por materiales del Keuper en la mitad meridional y por el mioceno en facies "Tap" en la mitad septentrional, así como por afloramientos del impermeable de base.

El límite suroriental se considera cerrado en su mayor parte por la elevación del impermeable de base gracias a la existencia de un anticlinal en cuyo núcleo se alojan las margas neocomienses, si bien entre Pedreguer y Gata de Gorgos es abierto por lo que existe conexión hídrica con el Sinclinal del Gorgos. Por último, el borde meridional está impermeabilizado por afloramientos y subafloramientos de Keuper.

La estructura, que afecta a las diversas formaciones acuíferas, consiste en un tren de pliegues en el que se distingue un anticlinal septentrional, coincidente con la sierra de la Solana de la Llosa, desmantelado por la erosión y con núcleo en margas neocomienses, cuyo flanco norte está enmascarado por depósitos cuaternarios. Entre Alcalalí y Pedreguer la estructura es un sinclinal, contiguo al anticlinal de la Solana de la Llosa, cabalgado por el flanco septentrional del anticlinal de Castell de la Solana, que crea una barrera interna al sur de la carretera de Alcalalí a Pedreguer, desapareciendo hacia el noreste.

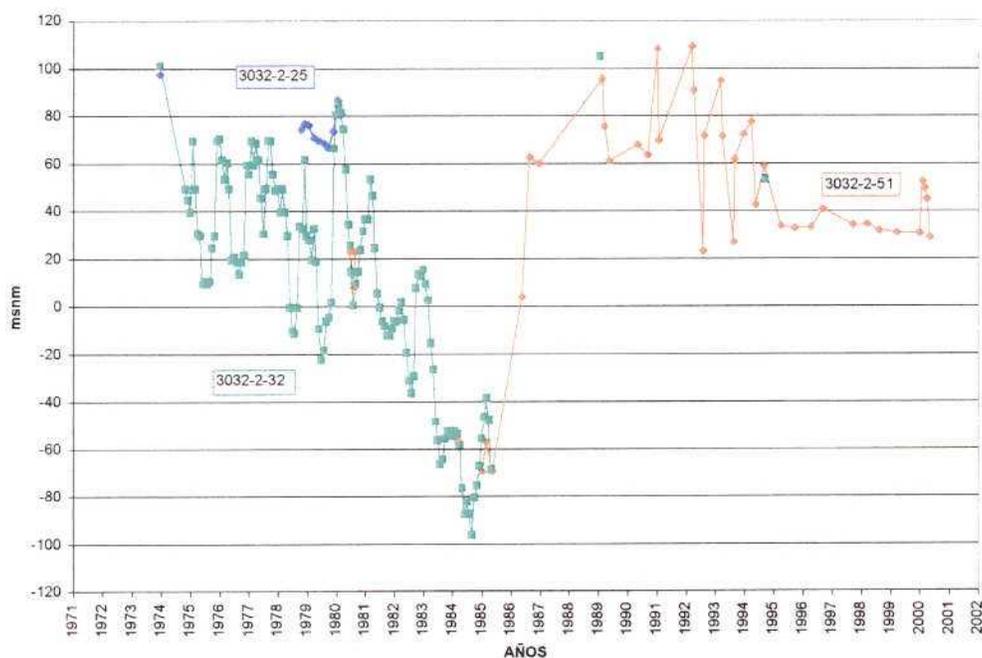
10.2 Características piezométricas. Evolución

En régimen natural la piezometría del acuífero oscila entre los 45 m s.n.m., cota a la que se encuentra el manantial de la Alberca principal punto de descarga de la unidad en régimen natural, y los cerca de 70 m s.n.m. alcanzados en su extremo meridional, con un gradiente del 6 por mil. Este esquema ha sido totalmente modificado por la explotación intensiva del acuífero que ha provocado el descenso progresivo de la superficie piezométrica hasta alcanzar en el año 2000 cotas por debajo de los -100 m s.n.m. en algunos de sus sondeos, con una disposición concéntrica del flujo subterráneo hacia las captaciones.

El régimen de explotación practicado y las características del acuífero generan unas oscilaciones estacionales de la piezometría muy acusadas que pueden llegar a ser de hasta 50 metros de diferencia. La evolución histórica de los niveles es descendente de forma general después de la excepcional época húmeda acaecida entre 1989 y 1991, con

niveles mínimos en el año 2000 generados por un vaciado muy importante del acuífero. En este momento, aunque ha habido una ligera recuperación, se sigue manteniendo la misma situación con cotas negativas en la práctica totalidad de la superficie piezométrica.

EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA DEL ACUÍFERO DE ORBA



10.3 Funcionamiento hidráulico

La alimentación se produce en la actualidad a partir de la infiltración del agua de lluvia, de los retornos de riego y de la alimentación procedente del aluvial del río Girona, con el que debe existir conexión hídrica a través del borde septentrional, relación que debe ser inversa a la existente en régimen natural. La descarga tiene lugar a través de los campos de captaciones ubicados en su límite con el acuífero Cretácico del Girona, desde la cueva de las Calaveras hasta Gata de Gorgos, con importantes áreas de bombeo en Pedreguer y en la partida de Ocaive.

En régimen natural el flujo era de dirección SO a NE principalmente y el drenaje se efectúa a través del manantial de la Alberca (3032-3-10) y por alimentación lateral al detrítico de Girona. Otro punto de descarga natural de la unidad lo constituye el manantial de la cueva de las Calaveras (3032-3-74), que se trata de un conducto surgente no funcional en el cual se construyó hacia 1930 una galería de unos 600 metros de longitud con objeto de captar, regular e independizar el aprovechamiento hídrico del uso turístico. La cota de surgencia de dicha galería se localiza a unos 90 m s.n.m., representativa del nivel piezométrico en la restringida zona saturada existente en este sector, mientras que el caudal del manantial, que es del orden de 15 a 20 L/s, se encuentra regulado a su salida. Dicha zona se encuentra claramente cabalgada y desconectada de la zona saturada regional, cuyo nivel piezométrico se sitúa unos 50 metros más bajo en condiciones climatológicas de tipo medio.

El comportamiento del acuífero a lo largo de los últimos años ha permitido conocer algunas de sus características hidrodinámicas; en este sentido las estimaciones realizadas sobre el coeficiente de almacenamiento arrojan un valor medio para la unidad del orden de 5×10^{-3} , lo que implica unas reservas dinámicas hasta la cota de -60 m s.n.m. de unos 18 a 20 hm³. En cuanto a la transmisividad se obtienen cifras muy altas, normalmente situadas entre los 1.500 m²/día, con valores que alcanzan lo 10.000 m²/día en algunas captaciones.

10.4 Balance Hídrico

De acuerdo con las condiciones de contorno definidas para el acuífero en el informe realizado en 1991, "Investigación Hidrogeológica para la gestión de la unidad de Castell de la Solana-Solana de la Llosa", el ITGE estableció el balance hídrico del acuífero de Solana de la Llosa para el periodo 1979-1989 según la siguiente ecuación $E-S=\Delta r$, siendo E las entradas, S las salidas y " Δr " la variación del almacenamiento.

Con dicho modelo conceptual de funcionamiento, el cálculo de la variación del almacenamiento se basó en la superficie del acuífero, incluida la correspondiente a la recubierta por los depósitos cuaternarios, y en la evolución temporal de la piezometría. Los resultados se vieron condicionados además por los siguientes hechos y supuestos: primero, el desconocimiento de la evolución histórica de las extracciones para uso urbano y agrícola, segundo, la existencia de desconexión con el sector situado al sureste correspondiente al área del sinclinal del río Gorgos que hasta la elaboración de dicho informe se consideraba incluida dentro de este acuífero y, tercero, que el intercambio hídrico con otras unidades es nulo.

Los datos de entradas, salidas y variación del nivel piezométrico se ajustaron, para el periodo que va de octubre de 1979 a diciembre de 1988, mediante un modelo matemático de tipo unicelular, cuyos resultados quedaron reflejados en el informe antes mencionado. Las conclusiones de dicho modelo mostraron que las “entradas” al sistema varían con la situación de los niveles piezométricos, así se obtiene una alimentación del 60% cuando los niveles se encuentran entre 50 y 38 m s.n.m. con un coeficiente de almacenamiento de 0,07, y entre -70 y -90 m s.n.m. para un coeficiente de almacenamiento de 0,018; por el contrario, cuando los niveles se sitúan entre 38 m s.n.m. y -70 m s.n.m. la alimentación sólo representa el 30% de la lluvia útil, siendo en este caso el coeficiente de almacenamiento del 0,02. Este hecho resulta paradójico y pone de manifiesto que el modelo conceptual no es adecuado, por lo que para su explicación deben intervenir otro tipo de variables tales como es la alimentación procedente de otros acuíferos, como Pego-Denia y Orba (en el caso de piezometrias altas), sin descartar posibles relaciones con el Cretácico del Girona.

El balance del acuífero, en las mencionadas condiciones, se concretó finalmente en los siguientes términos teniendo en cuenta años climatológicos de tipo húmedo, medio y seco:

BALANCES HIDRICOS REPRESENTATIVOS DEL ACUÍFERO
SOLANA DE LA LLOSA (1979/80-1988/89)

AÑO	ENTRADAS		SALIDAS		DIFERENCIA (hm ³ /año)
	(hm ³ /año)		(hm ³ /año)		
	I _{LL}	E _U	E _a	Total	
1987/88 (húmedo)	25,2	3,3	3,6	6,9	18,3
1986/87 (medio)	5,0	3,3	3,7	7	-2
1982/83 (seco)	2,5	3,3	6,9	10,2	-7,7

I_{LL}: Infiltración del agua de lluvia, LL_U: Lluvia útil, E_U: Bombeos urbanos E_A: bombeos agrícolas

Como puede observarse, la situación generada en años climatológicos de tipo medio y sobre todo seco, da lugar a una situación deficitaria entre las entradas y salidas, originándose un vaciado progresivo del acuífero que provoca un abatimiento rápido de los niveles piezométricos. Como se explicará en el apartado siguiente la recuperación de los niveles es también muy rápida en respuesta a precipitaciones intensas, lo que da idea de un comportamiento escasamente inercial característico de los sistemas con reservas poco importantes y elevada karstificación.

La actualización de datos realizada en este estudio muestra que los bombeos urbanos han sido infravalorados de forma general y los bombeos agrícolas se han sobrevalorado en los periodos secos, lo que puede explicar el incremento de la infiltración del agua de lluvia obtenido por el modelo con niveles bajos (-70 a -90 m s.n.m.) y por ende de su almacenamiento. Este hecho resulta ficticio ya que las extracciones en estas épocas suelen ser similares e incluso menores que en otras de pluviometría media debido al progresivo agotamiento de las captaciones.

El balance hídrico determinado conjuntamente con el acuífero del Sinclinal del Gorgos, realizado por el IGME en 1985 para el periodo 1974/1983, daba unos recursos de 11,3 hm³/año, de los que 8,6 hm³/año correspondían a infiltración de agua de lluvia, 2 hm³/año a recarga a través del cauce del río Gorgos y 0,7 hm³/año a la alimentación

lateral del acuífero de la Depresión de Benisa. Las salidas las establecía en 12,6 hm³/año, de las que 2,5 hm³/año correspondían a emergencias, 4 hm³/año a bombeos urbanos, 5,4 hm³/año a bombeos agrícolas y 0,7 hm³/año a salidas hacia el acuífero Neocomiense. Estas cifras arrojaban un saldo negativo de 1,3 hm³/año, con lo que existía un consumo de reservas que corresponde al descenso registrado en los niveles en dicho período, parcialmente recuperado en años posteriores.

Por otra parte en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante (1992) se asignan a este acuífero unos recursos de 9 hm³/año, cifra equivalente a las que se da para las extracciones por bombeo.

Como conclusión a toda esta información, e incorporando datos actualizados, se ha establecido el balance hídrico actual del sistema, para el periodo 1992-2000, en los siguientes términos:

<u>Entradas</u>	
Infiltración de agua de lluvia	6,4 hm ³ /año
Retornos de riego	0,5 hm ³ /año
Alimentación lateral del acuífero de Pego-Denia	2,5 hm ³ /año
Total	9,4 hm ³ /año
<u>Salidas</u>	
Emergencias	0,4 hm ³ /año
Bombeos urbanos	7,95 hm ³ /año
Bombeos agrícolas	4,07 hm ³ /año
Total	12,42 hm ³ /año
Déficit	-3,02 hm ³ /año

Como se ve, existe un consumo de reservas de unos 3 hm³/año, que ha tenido lugar después del periodo extraordinariamente húmedo de 1987 a 1991, lo que ha provocado

el casi total agotamiento del acuífero con un total de reservas consumidas de 18 a 24 hm³/año, volumen considerado como las “reservas dinámicas” o reservas explotables del mismo.

Además de las extracciones por bombeo, en esta unidad se han tenido en cuenta las descargas originadas en el manantial de la cueva de las Calaveras (0,4 hm³/año) con un volumen anual aprovechado de 0,3 hm³/año (el resto es inyectado al sondeo Els Plantaes del acuífero neocomiense). En este balance no se ha consignado ningún drenaje para el manantial de la Alberca, ya que si bien presenta un funcionamiento esporádico, con surgencia en periodos muy húmedos en los que llega a arrojar hasta 500 L/s, la última vez que sucedió esto fue hace casi 10 años coincidiendo con pluviometrías máximas históricas, habiendo desaparecido en la práctica desde entonces.

10.5 Análisis de uso del agua

En este acuífero se diferencian tres áreas de explotación: la localizada entre el detritico de Girona y el barranco de la Alberca, la de la partida del barranco de Ocaive y el sector entre Pedreguer y Gata de Gorgos. La extracción actual alcanza 12,02 hm³/año, a los que hay que sumar los 0,3 hm³/año del aprovechamiento de manantiales (Calaveras), lo que completa un total de 12,32 hm³/año. En una gran parte este volumen está dedicado al abastecimiento de los municipios de Pedreguer, Denia, Gata de Gorgos, Jávea, Ondara y Alcalalí, si bien en periodos secos se producen importantes restricciones y no siempre funcionan todas las captaciones a la vez.

Los abastecimientos urbanos se ubican principalmente en la partida de Ocaive y entre Pedreguer y Gata de Gorgos, mientras que las explotaciones agrícolas se sitúan en la partida de la Alberca al oeste de Pedreguer. El volumen extraído para el primer concepto es de 8,00 hm³/año, contando con el aporte del manantial de las Calaveras a Benidoleig (0,05 hm³/año), mientras que los aprovechamientos agrícolas ascienden a 4,32 hm³/año, incluyendo también el utilizado por dicho manantial (0,25 hm³/año).

10.6 Hidroquímica

El agua presenta en todos los casos una facies bicarbonatada cálcica o cálcico-magnésica, coherente con la naturaleza del acuífero, y se trata casi siempre de aguas de baja salinidad con un total de sólidos disueltos comprendidos normalmente entre 350 a 600 mg/L.

Las concentraciones iónicas son siempre bajas y normales en este tipo de aguas, sin que se sobrepasen los límites máximos tolerables establecidos por la legislación vigente para consumo humano. Tan sólo en el sondeo 3032-3-4 se detecta un contenido en nitratos anómalo (en torno a 90 mg/L frente a valores de 10 a 30 mg/L en los demás) que supera el límite máximo tolerable para consumo humano (50 mg/L). Dicho sondeo está emboquillado en sedimentos cuaternarios a los que atraviesa en sus primeros metros, debiendo proceder los nitratos de los aportes de agua de esta formación que se encuentra en contacto directo con los materiales acuíferos.

Es de resaltar que no se ha detectado la existencia de procesos relevantes de deterioro de la calidad de las aguas del acuífero ligados al descenso de la superficie piezométrica

11. ACUÍFERO DEL SINCLINAL DEL GORGOS

11.1 Características litológicas y geométricas

Ocupa el área de un amplio sinclinal situado entre las poblaciones de Llíber por el sur y Pedreguer y Gata por el norte, cuya dirección ENE-OSO es más o menos coincidente con el río Gorgos. Su extensión superficial es de 24 km² de los que 20 Km² son permeables.

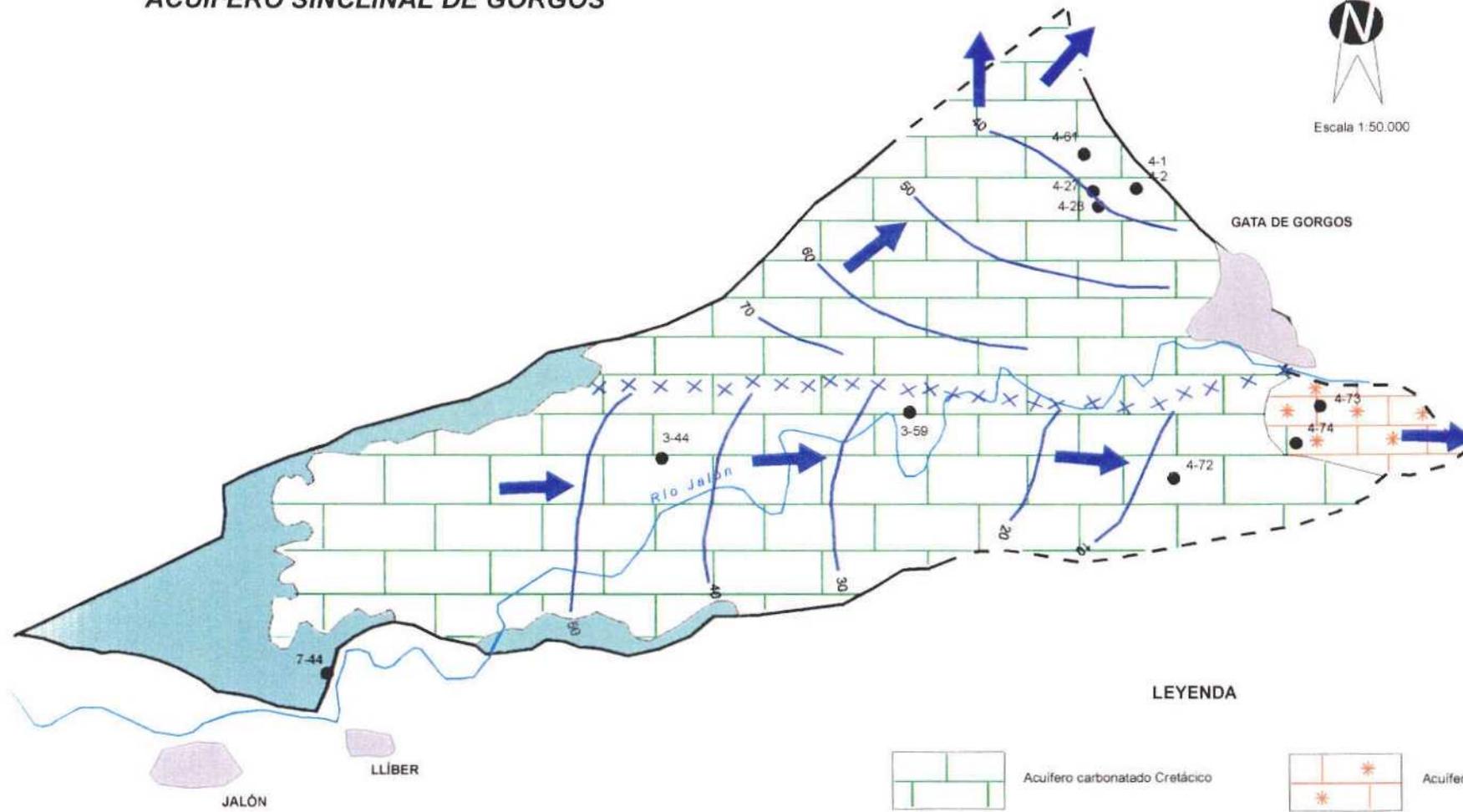
Se trata de una zona con topografía acusada y altitudes que van desde los algo menos de los 100 m s.n.m. en el extremo oriental y los 585 m s.n.m. del Tossal de Creu, marcada por el encajamiento del río Gorgos a favor de los sedimentos carbonatados cretácicos.

Las formaciones que constituyen el acuífero están constituidos fundamentalmente por el conjunto de materiales carbonatados depositados en el periodo Aptiense-Albiense y, en menor medida, por las calizas del Cenomaniense-Turoniense representadas en un pequeño sector del área más septentrional de la unidad.

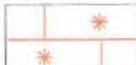
El tramo acuífero Aptiense-Albiense, que como se ha comentado es el que conforma la práctica totalidad de la unidad, está afectado por una karstificación diferencial muy elevada lo que le confiere una gran heterogeneidad espacial de sus características hidrodinámicas, en función de su mayor o menor grado de karstificación, resultando nulos o con rendimientos muy bajos un elevado porcentaje de los sondeos perforados mientras que en otros se obtienen caudales elevados.

El substrato impermeable del sistema está constituido por las margas y margocalizas del Neocomiense que afloran en los ejes de los anticlinales de Castell de la Solana y Llíber y conforman también sus límites septentrional y meridional respectivamente. El primero de ellos es cerrado en su mayor parte, siendo abierto sólo al norte de la población de Gata de Gorgos, donde el acuífero se pone en contacto lateral con las formaciones

ACUÍFERO SINCLINAL DE GORGOS

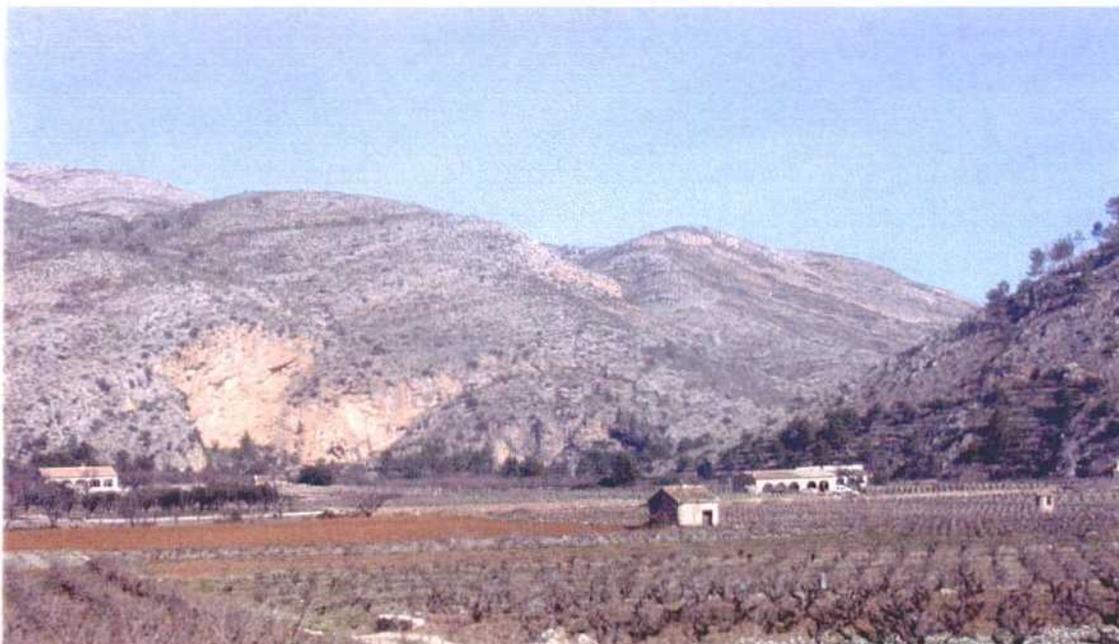


LEYENDA

- | | | | |
|---|-----------------------------------|---|------------------------------|
|  | Acuífero carbonatado Cretácico |  | Acuífero carbonatado Mioceno |
|  | Impermeable de base (Neocomiense) |  | Umbral piezométrico |
|  | Límite abierto |  | Flujo subterráneo |
|  | Límite cerrado |  | Isopiezas (m s.n.m.) |
|  | Sondeo Hoja 3032 | | |

carbonatadas cretácicas del Cretácico del Girona y de Jesús Pobre, lo que permite el intercambio hídrico entre ellos, mientras que el segundo es abierto en su mitad oriental, existiendo a través de este sector conexión con el acuífero de la Depresión de Benisa. Por su parte, el reducido sector existente entre los anticlinales anteriores en las cercanías de Lliber está impermeabilizado por la misma razón anterior y por los materiales arcillosos del Triás Keuper de Jalón.

El límite oriental se considera cerrado por la existencia de una fractura de dirección NO-SE, gracias a la cual el Mioceno margoso sella este borde del acuífero, sin descartar la posible presencia de Keuper ligado a esta falla.

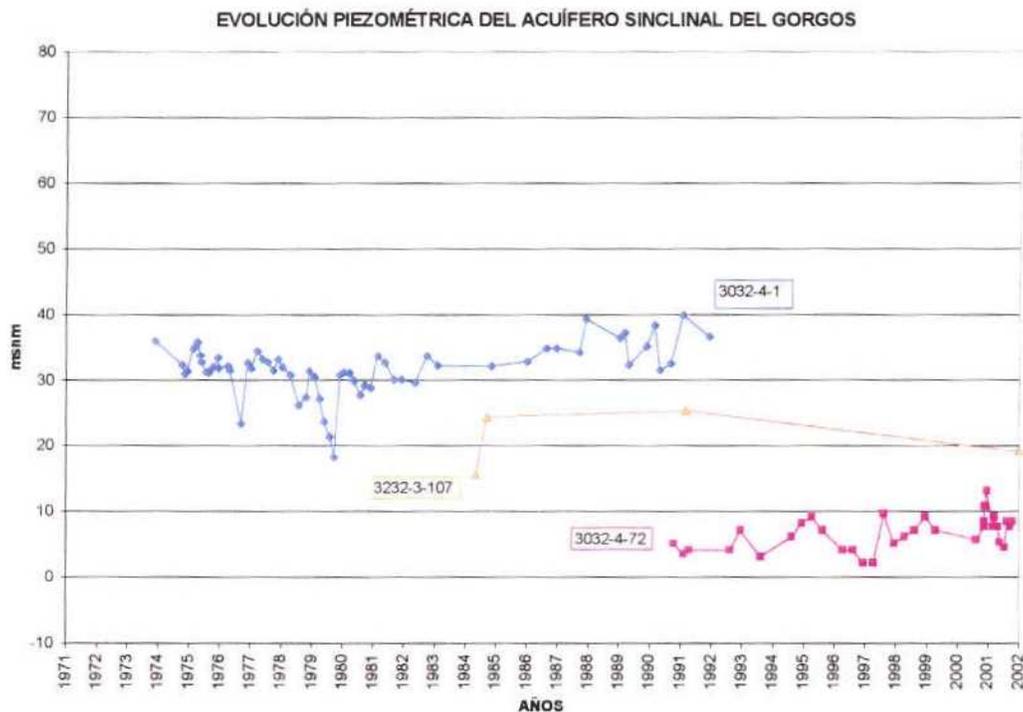


Acuífero del Sinclinal del Gorgos en el punto donde este río sale del acuífero de Jalón y penetra en las formaciones carbonatadas cretácicas que integran el primero de dichos sistemas

11.2 Características piezométricas. Evolución

La superficie piezométrica del acuífero varía normalmente entre los 10 m s.n.m. en el sector de Gata de Gorgos y por encima de los 50-80 m s.n.m. en la zona occidental del acuífero, si bien en épocas húmedas puede llegar a situarse en algunos lugares con

valores incluso superiores a los 100 m s.n.m. (sondeo 3032-7-44 en 1990, aunque existen ciertas dudas de la pertenencia de este punto al acuífero). Las oscilaciones estacionales tienen cierta amplitud y suelen superar los 4 a 5 metros, alcanzando incluso los 15 en algunos años.



En el acuífero existe un umbral piezométrico, con dirección este-oeste, a la altura de la población de Gata que separa dos sectores. En el septentrional los niveles están comprendidos entre los 35 a 40 m s.n.m. medidos al noroeste de la mencionada localidad y los 70 a 80 m s.n.m. de su parte más occidental. En el sector meridional la superficie piezométrica se encuentra más baja y alcanza cotas inferiores a los 10 m s.n.m. en la zona de Les Comes.

Por otra parte, la evolución piezométrica sufrida por el acuífero no presenta tendencias acusadas; en este sentido se dispone del registro de niveles de un sondeo localizado en

la zona del Molino de Gata (3032-4-1) que indica una situación estable del sistema (piezometría en torno a los 30 m s.n.m) con mínimos en este punto inferiores a los 20 m s.n.m. y máximos de algo más de 40 m s.n.m. La información aportada por el sondeo telecontrolado por la DPA de "Les Comes" (3032-4-72), utilizado para el abastecimiento a Gata de Gorgos, ha corroborado el esquema de funcionamiento expuesto en este trabajo, en el que la estructura sinclinal sobre la que transcurre el río Gorgos se comporta como un acuífero que transfiere sus recursos a las unidades colindantes. En este lugar los registros disponibles (año 2001) indican una piezometría situada entorno a los 8 m s.n.m., con mínimos cercanos a la cota cero (octubre de 1999) y máximos que alcanzan los 13 m s.n.m. (febrero de 2001).

11.3 Funcionamiento hidráulico

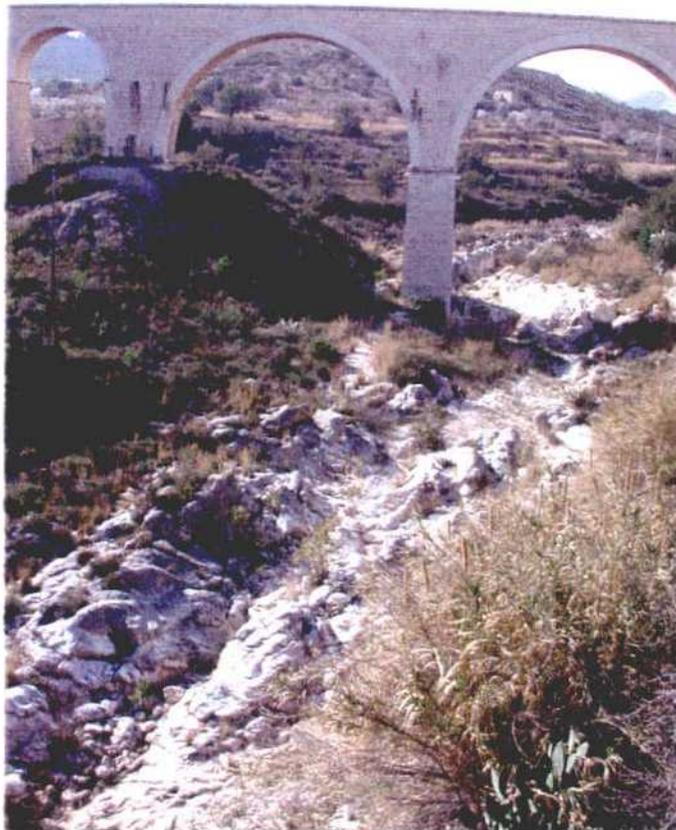
Aunque se desconoce el funcionamiento hidráulico preciso, ya que son muy pocos los puntos de agua con nivel y los datos disponibles no permiten efectuar un adecuado análisis de la superficie piezométrica, se admite que el flujo subterráneo presenta un sentido general oeste-este con un gradiente hidráulico inferior al 1%, en el que existe una divisoria o umbral piezométrico que, tal y como se ha descrito en el apartado de piezometría, divide al acuífero en dos sectores: el septentrional, en el que el flujo adquiere una componente noreste en dirección hacia las captaciones situadas en el borde nororiental del acuífero y pasa a alimentar a los acuíferos del Cretácico del Girona y de Jesús Pobre, y el meridional, que conserva el sentido general del flujo subterráneo oeste-este, hacia el acuífero de la Depresión de Benisa.

Las entradas del sistema se producen principalmente por infiltración directa del agua de lluvia y por la recarga natural ocasionada por el río Gorgos que, tras su paso por Lliber, se infiltra parcialmente a través de los niveles calizos del Aptiense-Albiense existentes entre esta población y Gata de Gorgos. Según los aforos realizados en 1990 esta aportación alcanza entre 1,2 y 1,8 hm³ en años húmedos, entre 0,4 y 0,6 hm³ en años medios y se considera nula en años secos. Los trabajos realizados a lo largo de este proyecto inducen a pensar que estos valores son significativamente inferiores a la

recarga real del acuífero, por lo que para el cálculo de su balance se tomará la cifra media de $1,6 \text{ hm}^3/\text{año}$.

La escasez de puntos en explotación en esta unidad en realidad es debida a los pobres rendimientos obtenidos, ya que en la mayoría de los casos se trata de sondeos que, aunque profundos, no alcanzan el tramo permeable del Aptiense, más homogéneo y de mejores características hidráulicas.

Las salidas del sistema, como se puede deducir de lo anteriormente comentado, tienen lugar a través de los bombeos practicados en la zona oriental de la unidad y por transferencia lateral a los acuíferos del Cretácico del Girona, Depresión de Benisa y, en menor medida, de Jesús Pobre.



El lecho del río Gorgos, a su paso por el Sinclinal del Gorgos, está constituido por las formaciones permeables carbonatadas que configuran el acuífero.

11.4 Balance hídrico

La investigación realizada ha permitido establecer unos recursos medios del sistema de 4,1 hm³/año, distribuidos según los términos del siguiente balance hídrico:

<u>Entradas</u>	
Infiltración de agua de lluvia	2,5 hm ³ /año
Infiltración del río Gorgos	1,6 hm ³ /año
Total	4,1 hm ³ /año

<u>Salidas</u>	
Bombeos urbanos	0,28 hm ³ /año
Bombeos agrícolas	1,02 hm ³ /año
Salidas laterales al Cretácico del Girona	1,3 hm ³ /año
Salidas laterales a Jesús Pobre	0,6 hm ³ /año
Salidas laterales a la Depresión de Benisa	0,9 hm ³ /año
Total	4,1 hm ³ /año

Este acuífero se ha considerado hasta hace poco tiempo integrado dentro de la unidad de Castell de la Solana-Solana de la Llosa cuyos recursos conjuntos eran estimados en 11,3 hm³/año. Por otra parte en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante, el acuífero del Sinclinal del Gorgos se incluye dentro de la Depresión de Benisa, a la que asigna unos recursos totales de 15 hm³/año.

11.5 Análisis del uso del agua

Las extracciones realizadas en esta unidad, que ascienden a 1,3 hm³/año, están dedicadas fundamentalmente a uso agrícola, con un volumen próximo a 1,02 hm³/año, y a uso urbano, correspondientes a los 0,28 hm³/año extraídos a través del sondeo de “Les Comes” para el abastecimiento a la localidad de Gata de Gorgos.

11.6 Hidroquímica

El agua presenta en todos los casos una facies bicarbonatada cálcica o cálcico-magnésica, coherente con la naturaleza del acuífero, excepto en el sondeo 3032-4-61 en la que es sulfatada. Dicha perforación se encuentra situada al NO de Gata de Gorgos, lo que podría indicar una cercana presencia de materiales yesíferos del Trías que deben ser los causantes de la anomalía, ya que esta formación se ha encontrado a 278 metros de profundidad en un sondeo próximo (3032-4-27). En cualquier caso se trata siempre de aguas de escasa salinidad, con un total de sólidos disueltos comprendidos normalmente entre 350 a 600 mg/L, y concentraciones iónicas bajas, sin que se sobrepasen los límites máximos tolerables establecidos por la legislación vigente para consumo humano.

12. ACUÍFERO DE LA DEPRESIÓN DE BENISA

12.1 Características litológicas y geométricas

Situado al este del sector estudiado, este acuífero tiene una superficie de 248 Km² de los que sólo 102 Km² corresponden a afloramientos permeables. Son varias las formaciones transmisivas que lo configuran, de muro a techo son las siguientes: calizas aptienses con 300 metros de espesor; calizas gravelosas y oolíticas del Albiense en paquetes de 40 metros y potencia total próxima a los 300 metros, calizas del Cretácico Superior, calizas arrecifales del Oligoceno y calcarenitas del Mioceno con 200 metros de espesor, que son el nivel mejor representado de la unidad y, por último, las intercalaciones calcáreas del Mioceno de facies "Tap".

No se conocen con precisión las relaciones entre los diferentes niveles permeables pero es muy posible que exista conexión hidráulica entre todos ellos, e incluso con las calcarenitas de la base del Mioceno. Así pues se trata en conjunto de un acuífero único que tendría como substrato impermeable las margas del Neocomiense-Barremiense, y confinado a techo por las margas miocenas de facies "Tap".

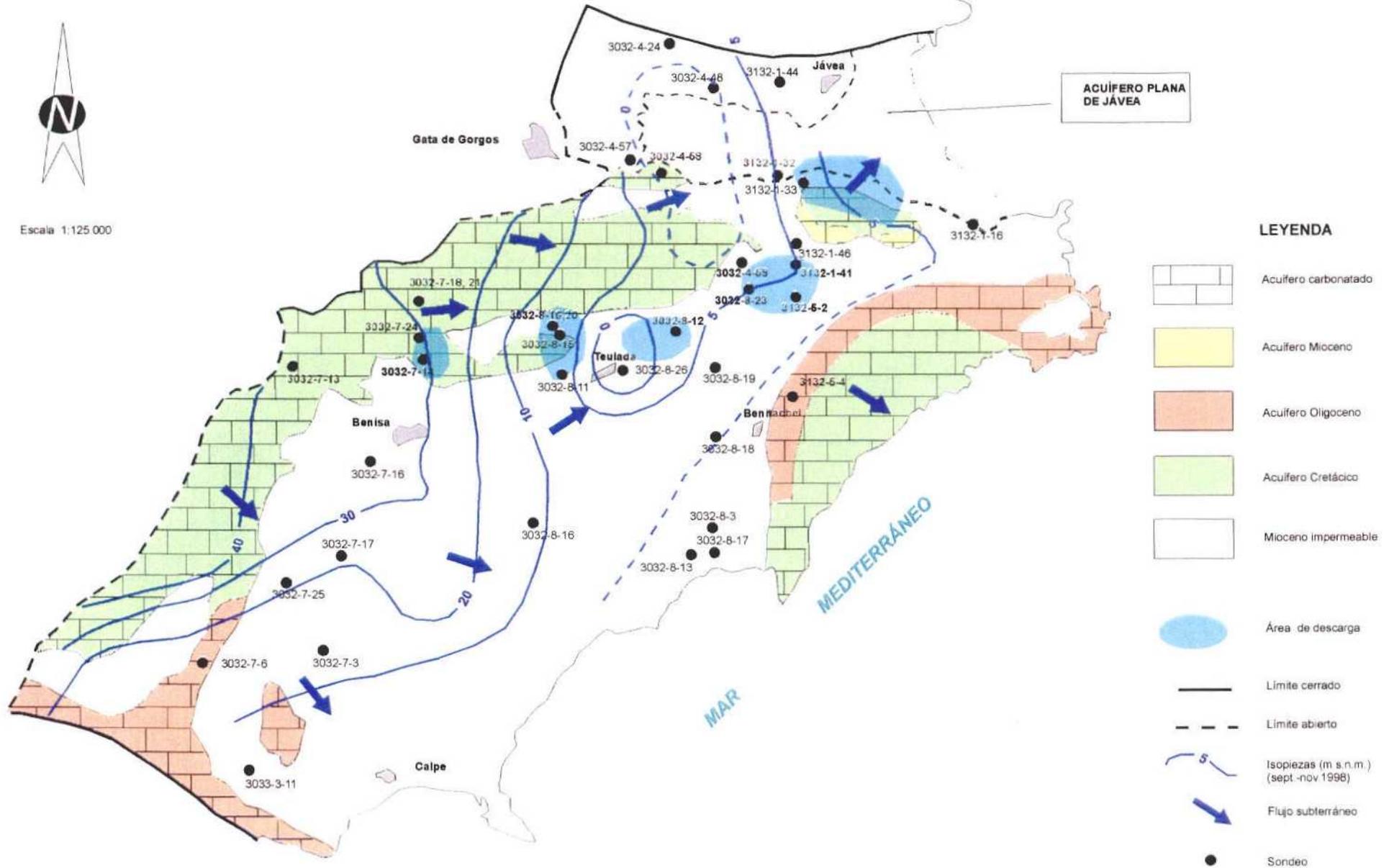
El sistema se aloja en la estructura geológica de la depresión de Benisa que constituye, a grandes rasgos, un sinclinal de dirección NE-SO muy afectado por fallas normales de similar dirección, por lo que en realidad se asemeja bastante a una fosa tectónica en la que el relleno mioceno puede alcanzar espesores de hasta 1.000 metros.

Los límites hidrogeológicos de la unidad quedan definidos de la siguiente manera: el septentrional se hace coincidir con el levantamiento del impermeable de base por encima de la superficie piezométrica en la sierra del Montgó, al SO el límite está cerrado por los afloramientos del Keuper del diapiro de Altea, mientras que al oeste existe un umbral hidrogeológico motivado por el levantamiento del impermeable de base, aunque en el sector meridional y también al norte de Benisa el límite es abierto y

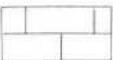
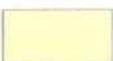
ACUÍFERO DE LA DEPRESIÓN DE BENISA



Escala 1:125 000



LEYENDA

-  Acuífero carbonatado
-  Acuífero Mioceno
-  Acuífero Oligoceno
-  Acuífero Cretácico
-  Mioceno impermeable
-  Área de descarga
-  Límite cerrado
-  Límite abierto
-  Isopiezas (m s.n.m.) (sept -nov 1998)
-  Flujo subterráneo
-  Sondeo

permite la conexión con las unidades de Carrascal-Ferrer, Detrítico de Jalón y Sinclinal del Gorgos. Por último, el límite oriental es abierto y lo forma el mar Mediterráneo.

En el sector norte de la unidad, y situado sobre ella, se dispone el acuífero detrítico de la Plana de Jávea con la que se establece intercambio hídrico a través del borde sur de ésta.

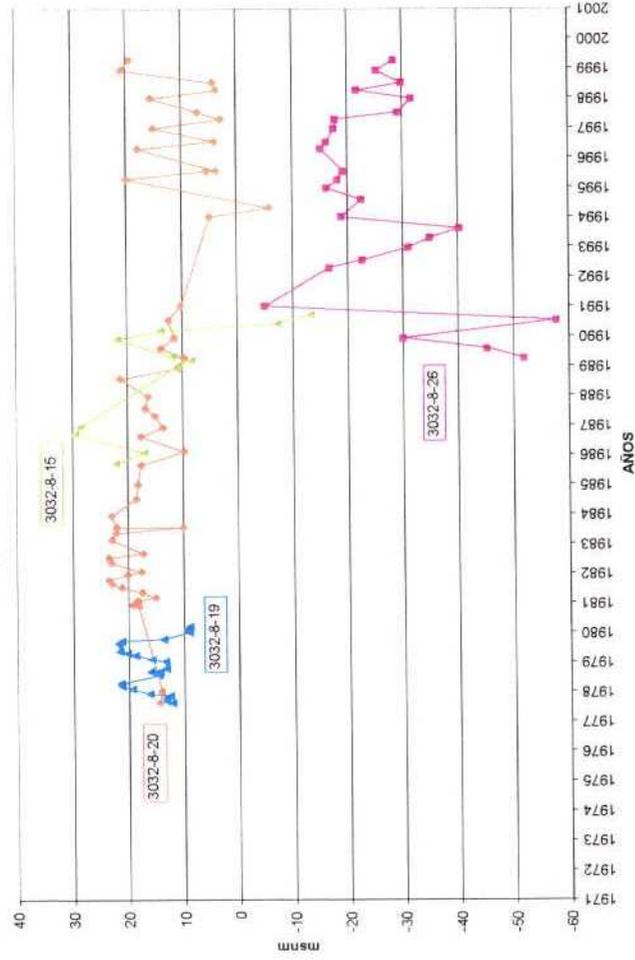


Garganta del barranco de Teulada, en donde afloran los materiales del Aptiense-Albiense que constituyen el principal tramo permeable del acuífero de la Depresión de Benisa

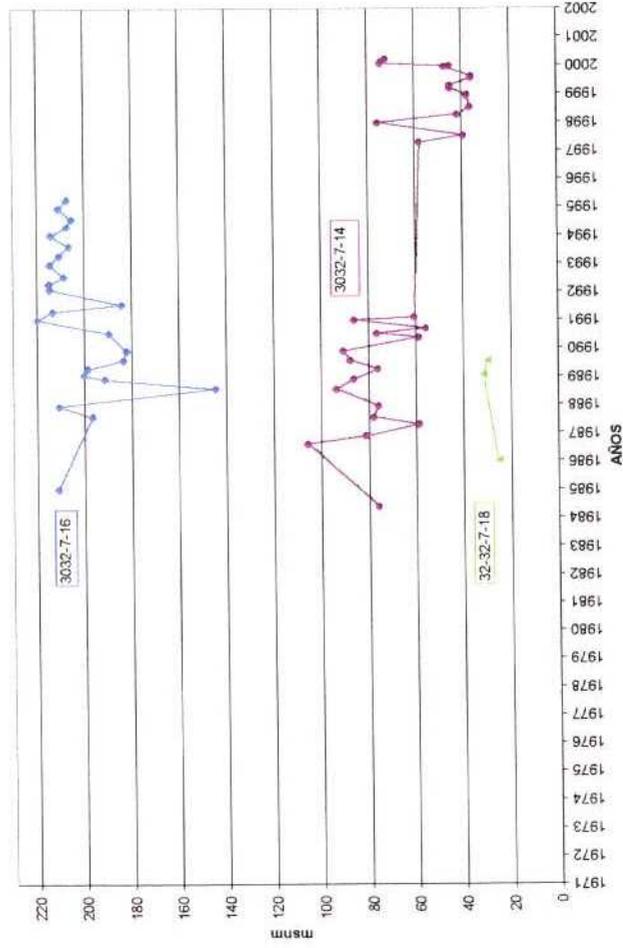
12.2 Características piezométricas. Evolución

La piezometría varía entre máximos de 50 y 60 m s.n.m. en el sector suroccidental, zona a través de la cual se produce la alimentación proveniente de la unidad de Carrascal-Ferrer, y cotas comprendidas entre los cero y los 10 m s.n.m. en los flancos de la sierra de Soldetes, para inmediatamente al este, en el Fonsolet, situarse a cotas próximas al nivel del mar, que con frecuencia se traducen en valores negativos, circunstancia que también se da en zonas relativamente interiores situadas en los términos de Teulada y de Benitachell, donde la magnitud de las extracciones no parece justificar este fenómeno,

**EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA DEL ACUÍFERO DE LA DEPRESIÓN DE BENISA
Sector de Teulada-Benitachell**



**EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA DEL ACUÍFERO DEPRESIÓN DE BENISA
Sector de Benisa**

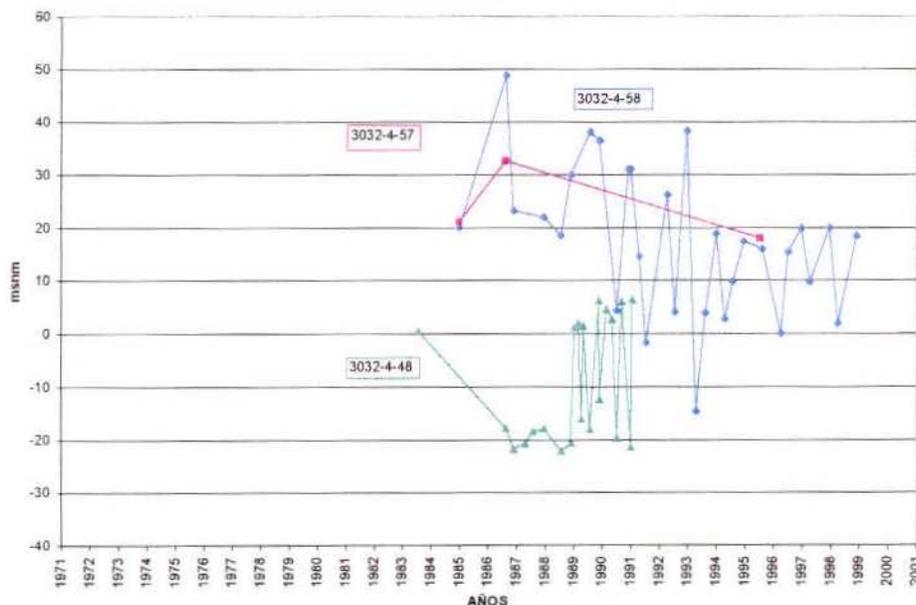


con niveles que han alcanzado en algún momento -60 m s.n.m. (3032-8-26). También se da esta circunstancia al este de Gata de Gorgos, con oscilaciones estacionales entre 30 a 40 m s.n.m. y -20 m s.n.m. en algún punto (3032-4-48 y 58, aunque en este caso podría tratarse de niveles dinámicos), e incluso en el sector del Cabessol (3132-1-46).

En el resto del acuífero los datos representativos del nivel piezométrico regional se obtienen en la estrecha franja que orla los relieves calizos del interior, con cotas descendentes en dirección NE que varían entre 15-25 m s.n.m. en la partida de Bombí (3032-7-17), 20-25 m s.m.m. en Tosal del Cosí (3032-7-18) y próxima a 10 m s.n.m. al oeste de Teulada (3032-8-11, 8-14 y 8-15).

Finalmente, los diferentes niveles productivos intercalados en las margas miocenas constituyen pequeños acuíferos aislados cuya piezometría muestra un fuerte control morfológico, con cotas que varían entre 210 m s.n.m. (3032-7-16) en las proximidades de Benisa; 100 m s.n.m. en las inmediaciones de Benitachell; 70 m s.n.m. en la ermita de San Vicente (3032-8-18) y 0 a 5 m s.n.m. en las proximidades de Moraira (3032-8-17).

EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA DEL ACUÍFERO DE LA DEPRESIÓN DE BENISA
Sector norte (Gorgos-Plana de Jávea)



12.3 Funcionamiento hidráulico

El funcionamiento de este sistema hidrogeológico presenta numerosas incertidumbres derivadas de la existencia de una karstificación muy jerarquizada en las formaciones que lo constituyen, lo que ha motivado que los trabajos de prospección presenten un elevadísimo porcentaje de sondeos nulos.

La principal fuente de alimentación de la unidad está constituida por la infiltración del agua de lluvia, seguida de la transferencia lateral subterránea procedente de la unidad de Carrascal Ferrer y por goteo del acuífero detrítico de Jalón, así como también del Sinclinal del Gorgos en el sector noroccidental del acuífero.

De acuerdo con la morfología de la superficie piezométrica, parece verosímil la existencia de un umbral que divida a la unidad en dos sectores: uno septentrional, en el que la circulación se efectúa en sentido NE, por lo que estos recursos son captados en el sector nororiental, alimentan a la unidad de la Plana de Jávea o se pierden en el mar al norte del cabo de La Nao; y otro meridional en el que la circulación adquiere una fuerte componente sur en dirección al Morro de Toix.

En resumen la descarga del sistema se produce esencialmente por tres mecanismos diferentes: salidas al mar, extracciones por bombeo y alimentación lateral al detrítico de Jávea.

Las salidas al mar constituyen el principal elemento de drenaje; en este aspecto se conoce la existencia de numerosos manantiales de agua dulce en el Morro de Toix, a profundidades bajo el nivel del mar de 5 a 8 metros, así como de otros situados entre el Peñón de Ifach y la punta de Moraira, e incluso más al norte, como la surgencia submarina de agua salobre de la cueva del Moraig, en aparente contradicción con lo expuesto anteriormente, y que pueden tener su justificación en la existencia de un gran

karst en la zona no saturada que canaliza hacia el mar, de manera casi inmediata, una parte muy importante de las aguas infiltradas. De este modo, las salidas importantes al mar quedarían restringidas a cortos espacios de tiempo, lo que unido al esbozo piezométrico anteriormente apuntado y al gran desarrollo en profundidad de las formaciones acuíferas, propicia que el pie de la interfase penetre profundamente en el interior y que la zona de mezcla alcance un gran desarrollo, lo que justifica otro fenómeno ampliamente representado en la depresión de Benisa: la captación de aguas con elevados contenidos salinos en sondeos profundos, alejados hasta 6 Km del litoral y con cotas piezométricas netamente positivas que varían entre 10 y 60 m s.n.m. (3032-7-3 y 7-6).

Las salidas por extracciones son poco significativas a nivel de acuífero, si bien tienen cierta entidad en el término de Lliber, a partir de 1983 en el término de Jávea y a partir de 1988 en Senija, pero ciertamente los volúmenes extraídos no son importantes en relación con sus recursos debido a los hechos apuntados en el epígrafe anterior. Esto hace que la evolución piezométrica sea estacionaria y dependa fundamentalmente de las contingencias climatológicas antes que de factores antrópicos, los cuales sólo se hacen notar en los sectores de Teulada-Benitachell y Cabessol donde los niveles alcanzan cotas negativas.

12.4 Balance hídrico

El funcionamiento hidráulico del acuífero se puede sintetizar en el siguiente balance, basado en el referido en el informe del IGME de 1985 (periodo 1974-1983) en el que se asignaban 16,6 hm³/año, pero actualizado en algunos de sus conceptos. Según lo expuesto dicho balance quedaría como sigue:

<u>Entradas</u>	
Infiltración de lluvia	13,1 hm ³ /año
Entradas laterales:	
- Carrascal-Ferrer	2 hm ³ /año
- Detrítico de Jalón	1,5 hm ³ /año
- Sinclinal del Gorgos	0,9 hm ³ /año
Total	17,5 hm ³ /año

<u>Salidas</u>	
Salidas al mar	6,6 hm ³ /año
Salidas laterales a la Plana de Jávea	1,9 hm ³ /año
Bombeos urbanos	3,05 hm ³ /año
Bombeos agrícolas	1,95 hm ³ /año
Emergencias submarinas	4 hm ³ /año
Total	17,5 hm ³ /año

Otra estimación del balance del sistema es el referido en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante en el que se le asignan unos recursos algo inferiores, 15 hm³/año, evaluando los bombeos también en 5 hm³/año.

12.5 Análisis del uso del agua

Las dificultades de captación y regularización que presenta este acuífero se traducen en un bajo grado de utilización de las aguas subterráneas en relación con sus recursos. No obstante, en la actualidad se prosigue con los trabajos de investigación que permitirán incrementar su aprovechamiento.

La utilización de aguas subterráneas en agricultura se reduce a la extracción de un volumen aproximado de 1,95 hm³/año para la dotación de cultivos de cítricos y en menor medida hortícolas.

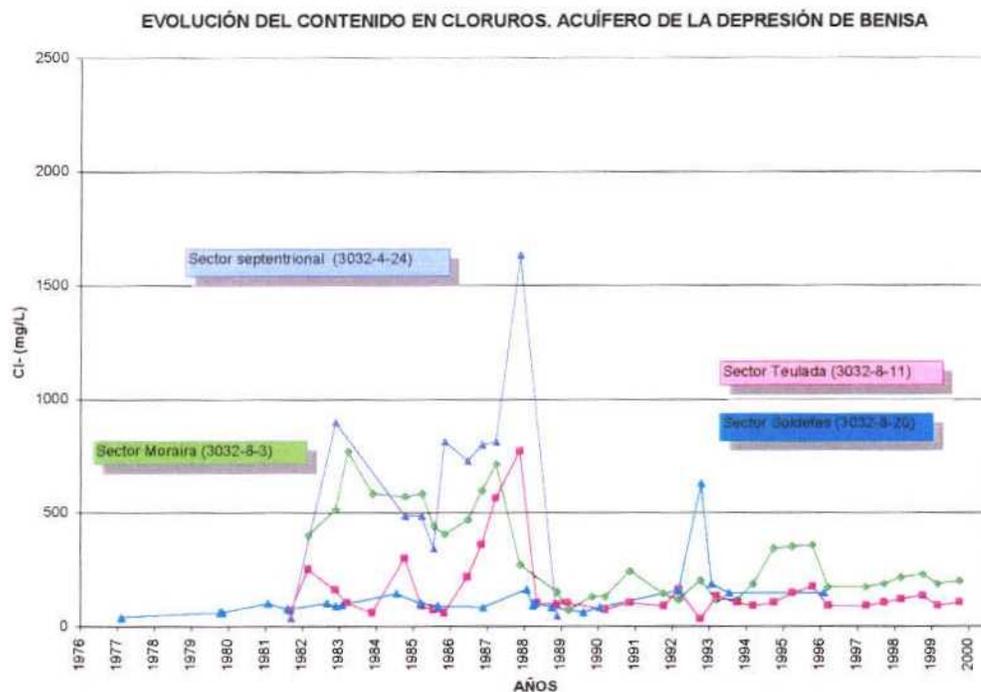
El uso urbano tiene mayor entidad y alcanza los 3,05 hm³/año en la actualidad. No obstante, parte importante de las poblaciones de la depresión de Benisa, tales como Calpe, Benisa, Teulada y Benitachell satisfacen su demanda total o parcialmente mediante la importación de agua de otros acuíferos.

Las mayores extracciones se realizan en el sondeo Agriben (3032-7-24) en el término de Senija, y en la zona del barranco de Canor de Teulada, destinados al abastecimiento de Moraira, Teulada y Benitachell, mientras que con unas extracciones mucho más moderadas cabe citar varios sondeos del entorno de Benitachell, alguno de ellos con problemas de salinidad.

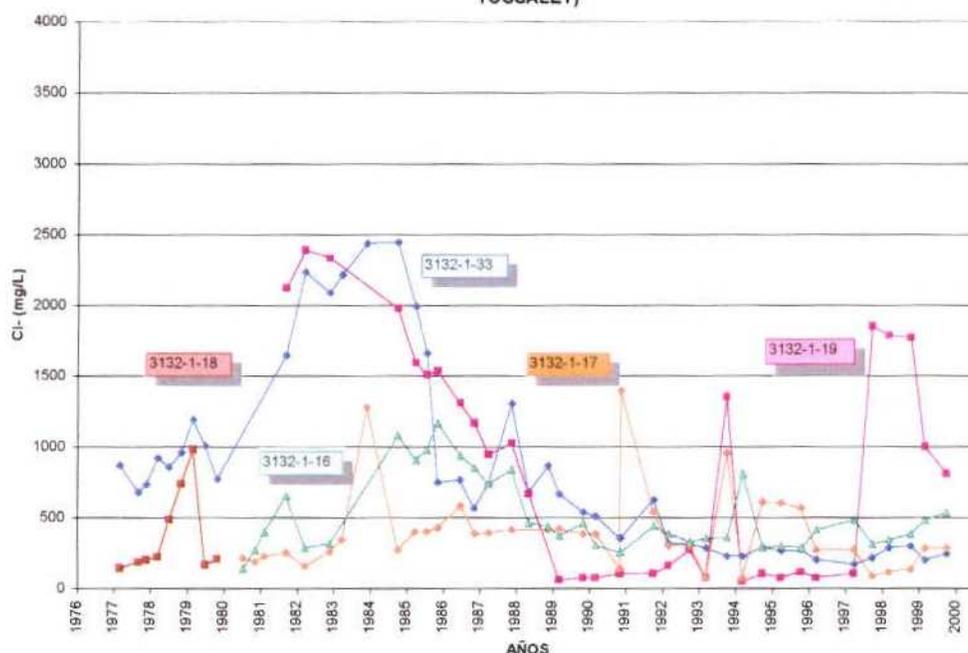
12.6 Hidroquímica

Generalmente las aguas de este acuífero en sectores alejados de la costa tienen una facies bicarbonatada cálcica y presentan un residuo seco de 400 a 600 mg/L, sin que se detecten concentraciones anómalas en los diversos iones mayoritarios. A este esquema general constituyen excepción el sector de Teulada-Benitachell y el contacto con la plana de Jávea (sector del Tossalet), donde son frecuentes las captaciones con elevado contenido en cloruros (facies bicarbonatada-cloruradas y cloruradas-sódicas) alcanzando valores muy similares a los de dicho acuífero (hasta cerca de 2.500 mg/L de cloruros entre 1981 y 1986) con el que presenta estrecha relación hídrica, siendo frecuentes cambios bruscos en este parámetro. La elevada salinidad del agua también se obtiene en algunos sondeos de cierta profundidad localizados en la mitad meridional del acuífero. Por otra parte en los sondeos que explotan los niveles carbonatados del Mioceno se pueden dar contenidos algo elevados en sulfatos.

En la zona más litoral, la existencia de una red kárstica muy jerarquizada provoca una fácil salinización de las captaciones, incluso en puntos relativamente alejados tanto del mar como de las zonas de explotación, este es el caso de los sondeos Corralets y Barranco Salado pertenecientes al ayuntamiento de Calpe, y del sondeo de Pinos, construido recientemente por la Diputación de Alicante.



EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO EN CLORUROS. ACUÍFERO DEPRESIÓN DE BENISA (SECTOR TOSSALET)



Como se puede observar en los gráficos de evolución del contenido en cloruros expuestos en la página anterior, después de la primera mitad de los años ochenta, en la que se verificó una importante salinización del acuífero, debido con toda probabilidad a la época seca que se atravesaba en esos momentos y al incremento de las explotaciones, se verificó posteriormente una cierta recuperación de la calidad del agua al desaparecer dichos condicionantes climatológicos y al descenso de las explotaciones por el abandono de captaciones que se había salinizado.

Desde el punto de vista bacteriológico pueden presentarse problemas locales de contaminación por la presencia de vertidos residuales sólidos o líquidos sobre afloramientos permeables del acuífero. Así ha sucedido de hecho en las inmediaciones del barranco de la Aullera, donde las aguas residuales de Senija dieron lugar a la contaminación y abandono de algunos sondeos como el de Aullera (3032-7-14) y el propio sondeo de Canor para abastecimiento a Benisa (3032-7-18), puesto de nuevo en explotación recientemente.

El contenido en nitratos es bajo en general, salvo en el sector de la sierra de Soldetes donde existen varias captaciones con concentraciones entre 25 y 35 mg/L.

13. ACUIFERO CRETÁCICO DEL GIRONA

13.1 Características litológicas y geométricas

Al igual que sucede con el Neocomiense de Parcent, este acuífero está constituido por intercalaciones de calizas y calizas arenosas englobadas dentro de los materiales margoarcillosos del Cretácico Inferior, con una potencia total de 350 a 400 metros, que pueden actuar a su vez como impermeable de base de las formaciones acuíferas superiores de edad comprendida entre el Aptiense y el Oligoceno, e incluso de los materiales aluviales que conforman la unidad de Pego-Denia. En su sector oriental el acuífero también está constituido por las formaciones permeables del Aptiense-Albiense y Cenomaniense-Turoniense.

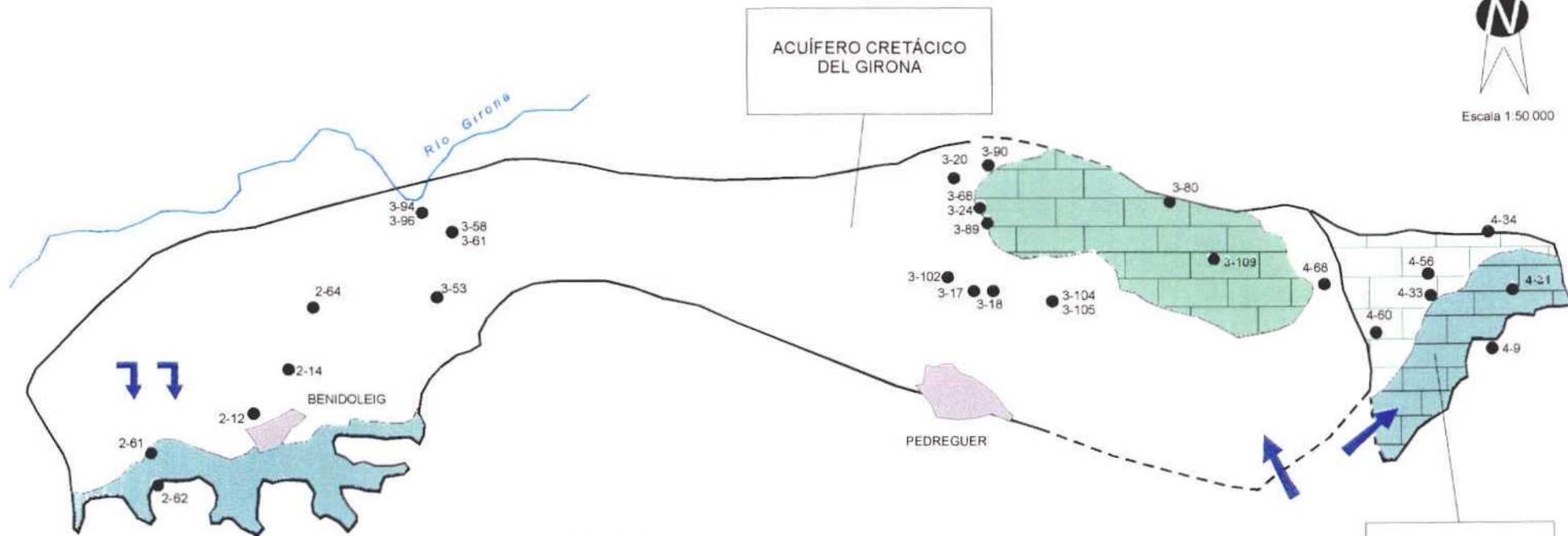
El acuífero, con una forma alargada de dirección este-oeste, tiene una extensión próxima a los 20 Km² y se encuentra en su mayor parte cautivo, subyacente al acuífero aluvial del río Girona y desconectado parcialmente de él gracias a la acción de los horizontes margosos existentes en la propia formación neocomiense, sin descartarse la presencia de sedimentos miocenos impermeables entre ambos acuíferos, especialmente en la mitad oriental de la unidad. La superficie aflorante es muy reducida y apenas si alcanza los 6 Km².

Los límites hidrogeológicos del sistema son los siguientes: el septentrional queda definido por la presencia de un conjunto de fracturas de tipo normal, mas o menos longitudinales al río Girona, que lo ponen en contacto con las formaciones impermeables pertenecientes al Mioceno, sin descartar la presencia del Trías Keuper; el oriental es abierto por lo que existe conexión hidráulica con el acuífero del Sinclinal del Gorgos; el meridional es cerrado en el sector de Benidoleig, debido a la elevación de i permeable de base que constituye la propia formación neocomiense, mientras que en el resto puede ser abierto en situación de aguas altas y existir conexión con el acuífero de Solana de la Llosa, con el que se pondría en contacto merced a la acción de fracturas de

ACUÍFEROS CRETÁCICO DEL GIRONA Y JESÚS POBRE



Escala 1:50.000

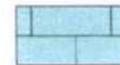


LEYENDA

ACUÍFERO CRETÁCICO DEL GIRONA

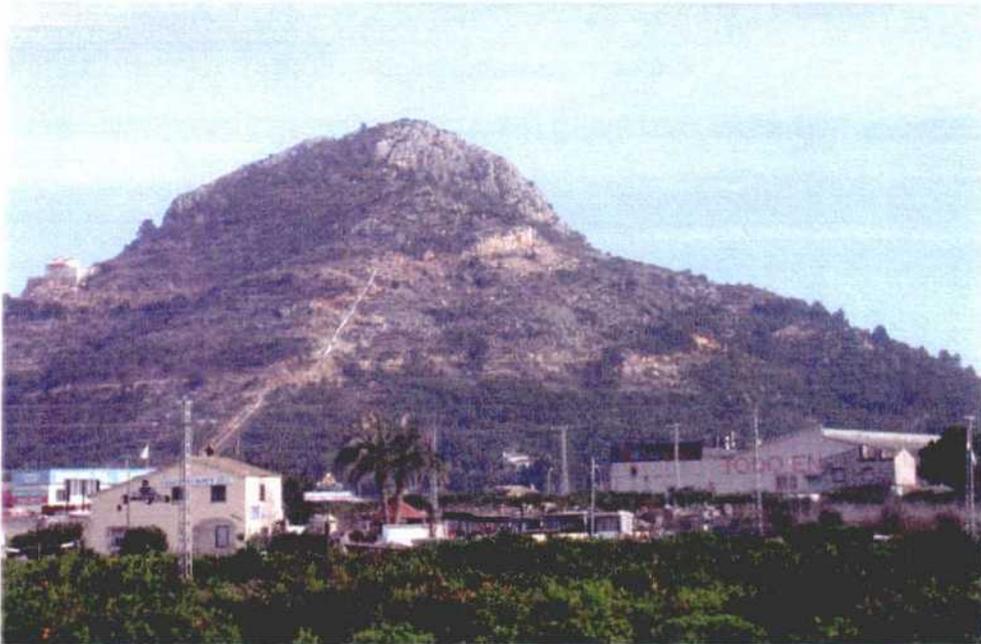
-  Cuaternario
-  Acuífero carbonatado Cretácico Inferior
-  Impermeable de techo (Neocomiense)

ACUÍFERO JESÚS POBRE

-  Cuaternario
-  Cretácico Inferior permeable desconectado del acuífero Neocomiense
-  Acuífero carbonatado Neocomiense (bicapa)

-  Límite abierto
-  Flujo subterráneo
-  Límite cerrado
-  Recarga desde el acuífero superior
-  Sondeo Hoja 3032

tipo normal. Por último, el borde occidental es también de tipo mecánico y estaría constituido por las margas impermeables del Mioceno, aunque no se descarta una posible relación hídrica indirecta con el acuífero de Orba a través del aluvial del río Girona.



Los escasos afloramientos del acuífero Cretácico del Girona se reducen a los existentes en el cerro de Mirambell-La Sella

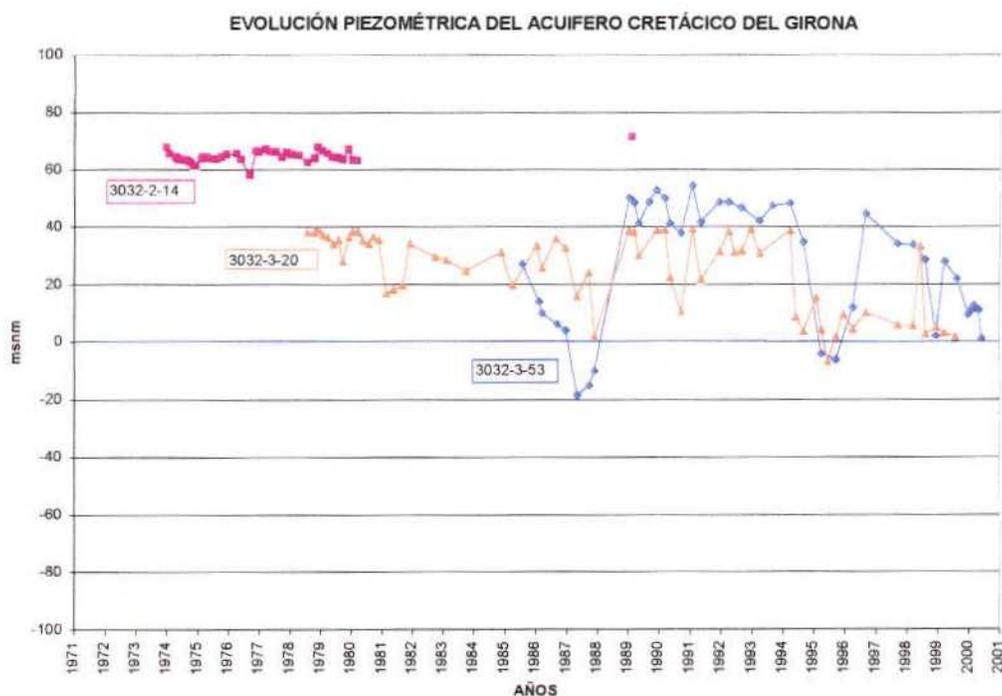
13.2 Evolución piezométrica

La morfología de la superficie piezométrica está condicionada por la situación de las extracciones, con una disposición ligeramente concéntrica de las isopiezas, si bien el flujo tiende a establecerse hacia el este en situación de excedentes hídricos.

La evolución general de los niveles es negativa, con piezometrías muy afectadas por los bombeos pero que en los años setenta, en régimen próximo al natural, se situaban entre los 65 m s.n.m. en Benidoleig y los 40 m s.n.m. en el sector de Mirambell. Estas alcanzaron sus mínimos a mediados del año 1987, momento en el que llegaron a estar a -20 m s.n.m. cerca de Benidoleig y en torno a la cota cero en el extremo oriental del

acuífero. Tanto la piezometría como su evolución temporal es similar a la registrada en la vecina unidad de Solana de la Llosa, sin embargo la conexión hidráulica entre ambas y el sentido de esta relación no está suficientemente bien definido, ya que dicha similitud puede ser debida al hecho de encontrarse los dos acuíferos en situación de sobreexplotación y, como es lógico, sometidas a un mismo régimen pluviométrico. Al igual que se ha visto en el caso de la unidad de Solana de la Llosa, la piezometría se recuperó en los primeros años de la década de los noventa para descender de nuevo, situándose en los últimos años en torno a la cota cero, con mínimos entorno a los -10 m s.n.m en el año 1995 para los dos puntos de control existentes en el acuífero.

Por otra parte, las oscilaciones estacionales pueden ser muy importantes con una media que supera normalmente los 10 metros, hecho que queda reflejado en la figura adjunta.



En el sector del cerro de Mirambell el nivel piezométrico muestra mayor dispersión de unos puntos a otros debido a la existencia de cierta compartimentación tectónica y a

conexiones restringidas. Las cotas mínimas más usuales son algo más altas que en el sector occidental, con un descenso acumulado de aproximadamente 40 metros y oscilaciones interanuales del orden de 10 a 20 metros, que parecen responder a precipitaciones importantes. Por su parte, en el sector de Beniarbeig las diferencias máximas históricas entre piezometrias han alcanzado los 50 metros.

13.3 Funcionamiento hidráulico

La recarga directa del acuífero por infiltración de agua de lluvia se considera escasa, debido a su carácter semiconfinado, y ésta solo parece ser posible en el sector de la sierra de Mirambell, por lo que el mecanismo fundamental de alimentación consiste en las entradas laterales de los acuíferos del Sinclinal del Gorgos, relacionadas con las formaciones del Cretácico superior existentes en el sector oriental, donde se dan cotas piezométricas algo mayores que en el resto del acuífero (del orden de 20-30 metros), y, especialmente, del acuífero detrítico de Pego-Denia, del que recibe alimentación vertical mediante un efecto de goteo en aquellos sectores donde las formaciones permeables que integran el acuífero contactan directamente con los sedimentos de dicha unidad. Parece también más que probable la conexión con el acuífero de Orba de forma indirecta a través de los sedimentos cuaternarios suprayacentes a ambos acuíferos.

Las salidas del sistema tienen lugar casi exclusivamente por bombeos destinados en su mayor parte a uso agrícola, aunque tampoco se descarta la cesión de algunos recursos de este acuífero hacia el de Solana de la Llosa.

13.4 Balance hídrico

El balance hídrico del acuífero para el año medio puede sintetizarse en las siguientes cifras:

<u>Entradas</u>	
Infiltración de lluvia	0,4 hm ³ /año
Entradas laterales:	
- Acuífero Pego-Denia (incluido Orba)	2,2 hm ³ /año
- Acuífero Sinclinal del Gorgos	1,3 hm ³ /año
Total	3,9 hm ³ /año

<u>Salidas</u>	
Bombes urbanos (año 2000)	0,41 hm ³ /año
Bombes agrícolas	4,23 hm ³ /año
Total	4,64 hm ³ /año
Déficit:	0,74 hm ³ /año

De estos datos se deduce que el acuífero se encuentra en este momento en un cierto equilibrio, con un déficit de 0,74 hm³/año, además los descensos habidos ponen de manifiesto que existe una situación de sobreexplotación acumulada generada desde el año 1993, que tenderá a agravarse si persisten las bajas precipitaciones actuales. En épocas anteriores, entre 1980 y 1985, también se produjo un consumo de reservas que ocasionó un importante descenso de niveles, sin embargo, y debido a las excepcionales lluvias registradas en el periodo 1987-1990 el déficit hídrico pudo ser compensado. Como se ha comentado, la escasez de las precipitaciones de los últimos años han provocado de nuevo el descenso de niveles hasta cotas similares a las del año 1985.

13.5 Análisis del uso del agua subterránea

Las extracciones del acuífero se utilizan esencialmente para abastecimiento agrícola, y también para complementar el suministro urbano de Benidoleig y Benisa, con un volumen total aprovechado de 4,64 hm³/año.

El volumen anual medio utilizado para regadíos asciende a 4,23 hm³/año con los cuales se dota una superficie dedicada fundamentalmente al cultivo de cítricos. Las principales áreas de extracción se sitúan en Benidoleig y Gata de Gorgos, si bien también se riega con aguas de este acuífero en los términos de Orba, Pedreguer y Jávea.

La localidad de Benisa aprovecha parte de los caudales del sondeo de Camino de Sanet situado en Benidoleig, mientras que esta última población se abastece parcialmente de los sondeos Pedregals. El volumen conjunto de estas explotaciones ascendieron a 0,16 hm³/año en el año 1998, si bien en el 2000 alcanzaron los 0,41 hm³/año por el incremento de las extracciones para abastecimiento a Benisa debido a las escasas precipitaciones registradas.

13.6 Hidroquímica

Hay que destacar que alguna de las captaciones ubicadas en el sector de La Sella muestran un moderado incremento de la salinidad de sus aguas, debido a su contenido de cloruros. Este hecho puede ser atribuido tanto a fenómenos de tipo intrusivo como a un efecto causado por la lixiviación de los sedimentos salinos del Keuper, que en ciertos sectores configuran los límites del acuífero. En el sondeo Monte Sella 1 (3032-3-109) se ha llegado a alcanzar valores próximos a 500 mg/L y en el sondeo de El Murtar la salinización se ha incrementado de manera progresiva a partir de 1982, pasando de 500 mg/L a 900 mg/L, para adquirir valores de 1600 a 1800 mg/L en 1985.

Las vías mediante las cuales la salinización progresa no están claras ya que el acuífero está limitado hacia el este, sureste y norte, por materiales del Mioceno o del Keuper que impedirían la progresión del frente salino existente en el flanco meridional del Montgó, relacionado en este sector con el acuífero cuaternario del Girona, que a su vez podría estar conectado con el acuífero Neocomiense al noroeste del cerro de Mirambell.

En el caso de las captaciones de Benidoleig el incipiente contenido en cloruros detectado (400 mg/L) parece estar relacionado de forma más clara con posibles efectos

de lixiviación del Trías Keuper. En este área algunos sondeos también pueden presentar un contenido en nitratos algo elevado debido a que captan de forma conjunta con el acuífero el acuífero neocomiense el aluvial del río Girona que presenta una fuerte contaminación por abonos nitrogenados.

14. ACUÍFERO DE JESÚS POBRE

14.1 Características litológicas y geométricas

El acuífero está constituido por las intercalaciones calcáreas y/o areniscosas presentes en los materiales margoarcillosos de edad neocomiense situados en la base de la secuencia cretácica. Estos materiales se encuentran interconectados al norte de Gata con las formaciones carbonatadas del Albiense-Cenomaniense.

La superficie total del acuífero es reducida, 4 Km², de los que sólo una pequeña parte corresponden a afloramientos de materiales permeables.

Sus límites son los siguientes: el oriental viene dado por un grupo de fracturas que ponen en contacto a las formaciones permeables con los materiales arcillosos de la facies Keuper, aflorantes en las inmediaciones de Jesús Pobre, así como por los del Mioceno margoso en facies "Tap"; el meridional está constituido también en su totalidad por estos últimos materiales, merced a una fractura de dirección aproximada E-O, sin embargo, través de ésta puede darse conexión hídrica en profundidad con el acuífero del Sinclinal del Gorgos, por contacto directo entre las formaciones cretácicas permeables de ambos acuíferos situadas bajo los sedimentos miocenos. El límite occidental es de tipo mecánico, con presencia de materiales impermeables miocenos. Por último, el límite norte del acuífero viene dado, según la información geológica de la que hasta el momento se dispone, por la existencia de una falla inversa de vergencia norte que ocasiona un cierto solapamiento de las formaciones acuíferas sobre el mioceno. En este límite, al igual que en todos los anteriores, pueden encontrarse implicados los sedimentos margo-arcillosos del Triás Keuper, cuya presencia ha sido advertida en varios puntos próximos, ligada a estructuras de fracturación de cierta importancia.

14.2 Características piezométrías. Evolución

La caracterización piezométrica del acuífero es compleja, ya que suele mostrar una notable dispersión entre unos puntos y otros, especialmente durante épocas poco húmedas. Ello es debido a la estructura geológica de la zona, con la existencia de compartimentos tectónicos en los que la circulación del agua se establece de una forma restringida.

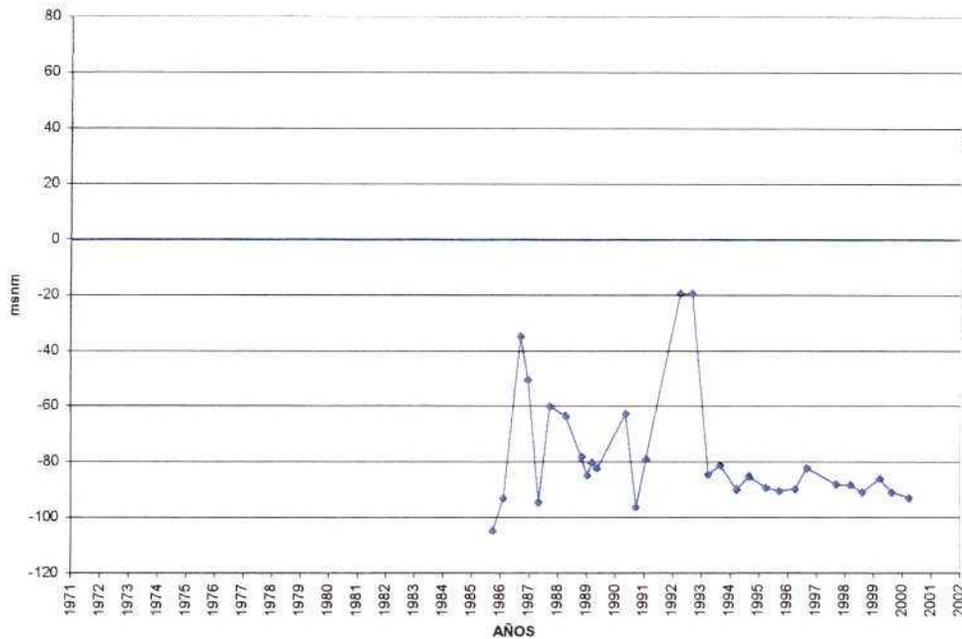
La piezometría natural del acuífero, antes de entrar en funcionamiento las explotaciones, debería estar localizada en torno a los 30-40 m s.n.m., situación que cambió de manera sustancial con el inicio de los bombeos.

Se disponen de la serie de registros piezométricos del sondeo el Biserot (3032-4-33) del que se tienen referencias desde el año 1985, con variaciones que van desde los -105 m.s.n.m. de noviembre de 1985 hasta los -19,68 m.s.n.m. de mayo de 1992, y oscilaciones estacionales bastante acusadas con diferencias de 30 a 35 metros.

La evolución de la piezometría es también diferente según los puntos. En el caso del sondeo Biserot se parte de valores mínimos en el año 1985 (-110 m s.n.m.), que corresponden a una cierta recuperación del acuífero después de los intensos bombeos realizados en años anteriores de los cuales se carece de datos, con un ascenso irregular hasta principios de los años noventa y un posterior descenso y estabilización de niveles en torno a los -90 m s.n.m. a partir de entonces, sin llegar a recuperarse totalmente el acuífero.

La morfología de la superficie piezométrica varía en función de las condiciones de explotación, y es de difícil representación debido a la complejidad del acuífero. En situación "normal" debe presentar una disposición concéntrica hacia los puntos de extracción.

EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA DEL ACUÍFERO JESUS POBRE
(Punto 3032-4-0033)



14.3 Funcionamiento hidráulico

La mayoría de la superficie del acuífero se encuentra confinada al estar los niveles productivos intercalados dentro de la secuencia margosa del Neocomiense. Su alimentación, en consecuencia, se verifica en pequeña medida por infiltración de agua de lluvia y mediante el aporte proveniente de las formaciones permeables suprayacentes, por goteo a través del acuitardo que las separa, por contacto mecánico con ellas y a través de las captaciones ranuradas que las atraviesan.

El acuífero presenta en general buenas características hidrodinámicas aunque con una elevada variación de éstas, dependiendo del sector.

El balance hídrico establecido para el acuífero en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante (1992) concreta sus recursos en $0,5 \text{ hm}^3/\text{año}$, mientras que las explotaciones las cifra en la misma cantidad.

En el informe elaborado por el ITGE en 1985, se dan valores de 0,6 hm³/año para la infiltración de agua de lluvia, así como de entradas procedentes de los acuíferos del Montgó y de Solana de la Llosa, estimadas en 0,8 hm³/año y 0,7 hm³/año, respectivamente. Sumando estos términos se obtienen unos recursos totales de 2,1 hm³/año. Las salidas se dan conjuntamente para todo el acuífero Neocomiense, que engloba también a sectores de Benidoleig y de Parcent, por lo que no es posible saber cuales son las correspondientes a Jesús Pobre. En concreto, establece en 1,8 hm³/año los bombeos urbanos y en 2,4 hm³/año los bombeos agrícolas, lo que supone una explotación de reservas de 1,1 hm³/año para el conjunto de dicha unidad.

En el informe sobre “Determinación y Actualización de las explotaciones en el Acuífero de Jesús Pobre”, realizado en 1992, se establece en 2,2 hm³/año el volumen medio anual extraído de este acuífero para el periodo 1989/1991, de los que 1,7 serían para usos urbanos y recreativos y 0,6 hm³/año para uso agrícola, si bien se incluían captaciones pertenecientes al acuífero Cretácico del Girona. Las extracciones desde entonces han disminuido bastante debido a la época seca que se viene sufriendo.

Los balances referidos en las líneas precedentes corresponden a una definición del acuífero más extensa que la contemplada en este informe, del que se ha desgajado el sector de Mirambell y La Sella, asignado en este caso al acuífero Cretácico del Girona. Con esta nueva concepción del acuífero de Jesús Pobre su balance hídrico se establece en los siguientes términos:

<u>Entradas</u>	
Infiltración de lluvia	0,2 hm ³ /año
Entradas laterales acuífero Sinclinal del Gorgos	0,6 hm ³ /año
Total	0,8 hm ³ /año

Salidas	
Bombeos urbanos	0,07 hm ³ /año
Bombeos agrícolas	0,73 hm ³ /año
Total	0,8 hm ³ /año

En este momento no existe déficit hídrico estricto en la unidad debido a la incapacidad de las captaciones de extraer más agua por la profundidad a la que se encuentran los niveles, quedando el acuífero en situación de “sobreexplotación estática o acumulada”, en la que las explotaciones están limitadas por las entradas instantáneas del sistema, con una posición mas o menos constante de la superficie piezométrica en torno a los -90 m s.n.m.



Sondeo realizado por la Diputación de Alicante para abastecimiento a Jesús Pobre

14.4 Análisis del uso del agua

Como se acaba, de exponer las explotaciones de este acuífero son de pequeño orden y se ciñen a las extracciones para el abastecimiento de las urbanizaciones de Jávea, a través del sondeo del Biserot, y de lo bombeado del sondeo de la Diputación para el suministro de la pedanía de Jesús Pobre, con un volumen total estimado para dichos usos de 0,07 hm³/año. El resto de las extracciones del sistema, 0,73 hm³/año, corresponden a usos agrícolas.

14.5 Hidroquímica

A pesar del consumo de reservas registrado en la unidad, sus aguas presentan una baja mineralización. En las referencias existentes sobre el sondeo Biserot se detectan valores muy bajos de contenido en cloruros, del orden de 50 mg/L, y en cuanto al contenido en nitratos, se obtienen valores inferiores a 5 mg/L. Se dispone también de datos del pozo 3032-4-68, situado junto al límite occidental del acuífero, que arroja cifras más elevadas y próximas a los 60 mg/L en este último compuesto, ligeramente superior al límite legalmente permitido. Sin embargo es posible que este punto pertenezca ya al acuífero Cretácico del Girona.

Respecto a los restantes parámetros conocidos, tanto fisico-químicos como bacteriológicos, de las captaciones existentes en el acuífero, hay que comentar que se encuentran dentro de los valores máximos permisibles legalmente, si bien presentan un elevado contenido en carbonato cálcico que llega a sobrepasar los 400 mg/L, confiriendo una cierta dureza al agua.

15. ACUÍFERO DEL MONTGÓ

15.1 Características litológicas y geométricas

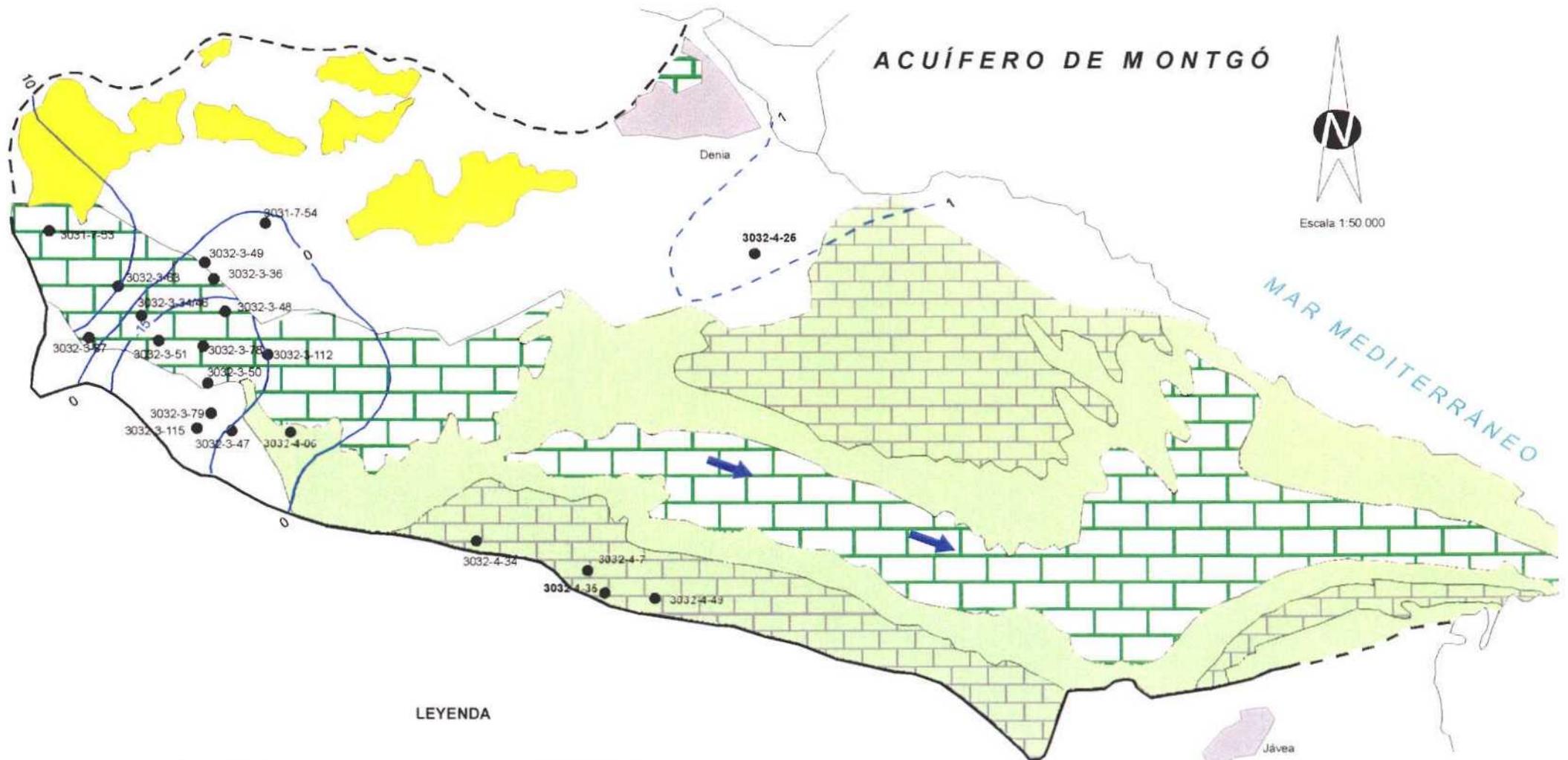
El acuífero se sitúa en el extremo oriental de la provincia de Alicante, entre las cuencas de los ríos Girona y Gorgos, donde ocupa una superficie de 39 Km² coincidente con la sierra del Montgó. Esta alineación montañosa, que se extiende en dirección E-O con una longitud de 14 Km y una anchura máxima de 4 Km, es una zona abrupta que emerge bruscamente entre las llanuras costeras de la plana de Gandía-Denia y la plana de Jávea, alcanzando una cota de 753 m s.n.m. Los afloramientos de materiales inequívocamente impermeables se encuentran bien representados y ocupan una extensión superior a 11 Km².

El interés hidrogeológico reside en el conjunto de materiales carbonatados cretácicos de carácter permeable que abarcan desde el Aptiense al Senoniense, con un espesor global próximo a 850 metros, que descansan sobre margas de edad Barremiense. Esta última formación constituye el impermeable de base en la mayor parte de la unidad, con la excepción de sectores restringidos situados en los bordes septentrional y suroriental, en donde esta función recae sobre margas de facies "Tap" y "Keuper", respectivamente.

La formación con mejores características hidrodinámicas es la constituida por calizas masivas del Cretácico Superior, que reposan sobre un tramo calizo y calcarenítico con intercalaciones margosas atribuible al Cenomaniense. El conjunto, con un espesor próximo a 500 metros, se encuentra saturado en el extremo occidental y parte del borde septentrional y meridional de la unidad.

A la formación anterior le siguen en importancia las calizas del Aptiense-Albiense, que se encuentran localmente saturadas y constituyen un conjunto de características muy irregulares, con una red kárstica muy jerarquizada, por lo que las expectativas de éxito en las tareas de prospección son muy escasas. No obstante, en ocasiones los

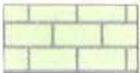
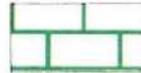
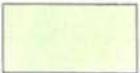
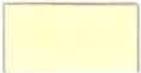
ACUÍFERO DE MONTGÓ



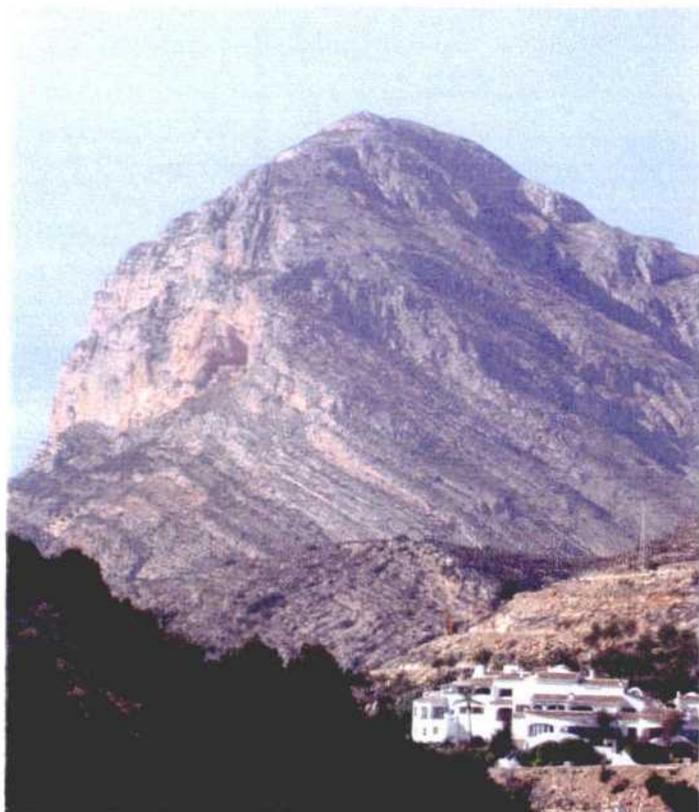
Escala 1:50.000

MAR MEDITERRANEO

LEYENDA

- | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|---|---|---|---|---|--------------------------------------|---|---------------------|
|  | Acuífero detrítico Cuaternario |  | Acuífero carbonatado Cretácico Inferior |  | Acuífero carbonatado Cretácico Superior |  | Cretácico con permeabilidad variable |  | Mioceno impermeable |
|  | Límite abierto |  | Límite cerrado |  | Flujo subterráneo |  | Isopieza, (m s.n.m.) | | |

rendimientos son elevados debido a la captación de conductos de circulación importantes y a la existencia de una brecha tectónica en profundidad, presumiblemente relacionada con la dinámica cabalgante sufrida por el Montgó.



El Montgó desde su lado oriental. Se observa la estructura del flanco sur del sinclinal en formaciones del cretácico superior que conforman este sistema hidrogeológico

La sierra del Montgó constituye una unidad alóctona bien individualizada cuya estructura es asimilable a un sinclinal que, a juzgar por la columna litológica atravesada por algunos sondeos, cabalga hacia el norte sobre el mioceno en facies "Tap".

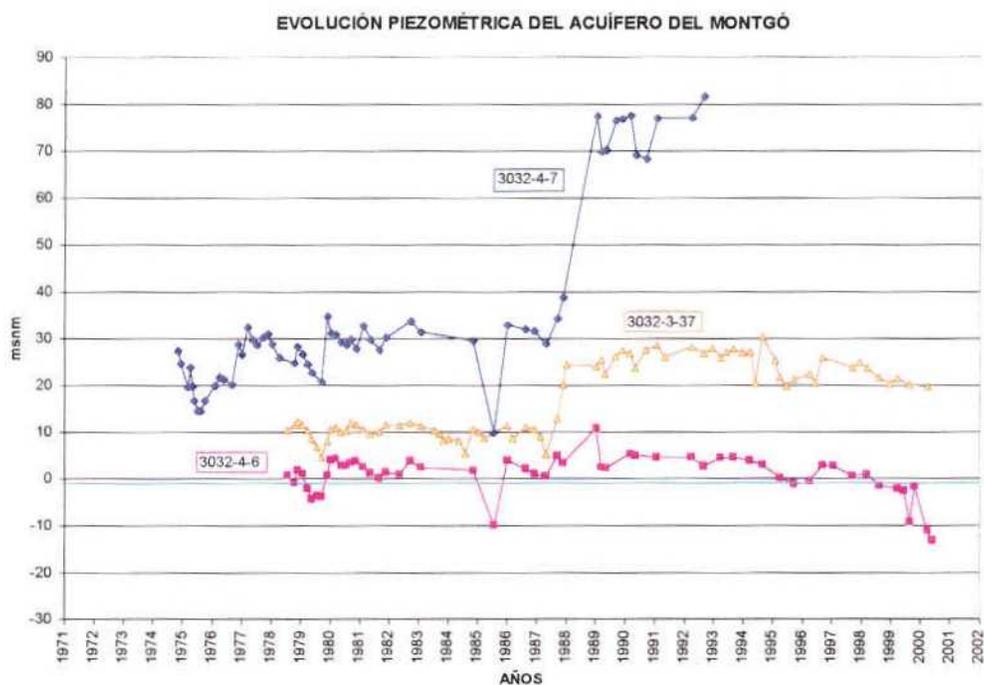
El acuífero presenta cierta conexión con el resto de los sistemas circundantes. Sus límites oriental y nororiental están constituidos por el mar Mediterráneo, en tanto que el septentrional es permeable y permite el contacto con el acuífero detrítico de Pegodenia, bajo el cual penetran las formaciones carbonatadas que constituyen el acuífero.

El borde meridional es impermeable, constituido por las margas del "Tap", si bien al norte de Jávea no se descarta totalmente una posible conexión hidráulica con la Depresión de Benisa. Por último, el límite occidental también es impermeable y se encuentra sellado tanto por materiales miocenos del "Tap" como por la presencia de Trias Keuper.

15.2 Características de la superficie piezométrica. Evolución

La cota del agua varía significativamente de unos puntos a otros, lo cual se puede interpretar como que no existe un nivel único de saturación sino que se trata de varios más o menos independientes entre sí. También cabe la posibilidad de que se trate de saltos bruscos en el gradiente propiciados por las heterogeneidades del medio acuífero; así, los niveles transmisivos del Cretácico Superior presentan en la actualidad una piezometría variable de -20 m s.n.m. en el extremo occidental del sistema (-12,38 m s.n.m. en el punto de control 3032-4-6 en julio de 2000), cifra que representa un descenso acumulado de casi 20 metros como consecuencia de las extracciones soportadas (que suponen la mayor parte de las existentes en el acuífero), así como por su posible conexión con acuíferos limítrofes fuertemente explotados. Todo ello hace que estos niveles estén siendo progresivamente afectados por la intrusión salina, con contenidos en cloruros que frecuentemente superan los 1.000 mg/L. En el flanco norte, estos materiales presentan un nivel piezométrico próximo al nivel del mar.

Por su parte, los materiales del Aptiense-Albiense constituyen un acuífero semiconfinado alimentado por goteo, en el que la superficie piezométrica ha pasado de situarse a una cota superior a 80 m s.n.m. en 1974 a estar en la actualidad próxima a la cota cero. Este hecho se puede interpretar como debido a una carencia de recursos, que ha propiciado que estos materiales se encuentren totalmente afectados por la intrusión salina, razón por la que las captaciones abandonadas por este motivo son muy numerosas.



15.3 Funcionamiento hidráulico

Las entradas se efectúan casi exclusivamente a partir de la infiltración del agua de lluvia, en tanto que las salidas se producen por bombeos (la mayoría de ellos ubicados en el extremo occidental del acuífero), transferencia subterránea hacia el acuífero de Pego-Denia y, directamente, al mar Mediterráneo.

El abatimiento de la superficie piezométrica ha modificado sustancialmente el funcionamiento hidráulico natural del acuífero, caracterizado por la existencia de flujo en dirección sur-norte, hacia la plana de Gandía-Denia, y en dirección noreste hacia el mar Mediterráneo en donde la descarga se efectúa en general de modo muy disperso, si bien existen algunos puntos concretos, como es el caso de la cueva del Agua Dulce.

En la actualidad, el hecho de que la superficie piezométrica se sitúe en algunos sectores del sistema por debajo del nivel del mar ha producido una inversión del flujo hacia el interior, por lo que la extensa red kárstica existente tiende a constituirse como vía



Límite meridional del Montgó visto desde la Plana de Jávea

preferencial de la intrusión, a través de la cual la salinización puede llegar a afectar no sólo a las captaciones del extremo occidental del acuífero, sino incluso al contiguo de Pego-Denia. Esta circunstancia está potenciada por la extensa comunicación que tiene el acuífero con el mar y por las particularidades del flujo subterráneo a través de conductos preferenciales. A consecuencia de ello pequeños bombeos pueden dar lugar a procesos intrusivos apreciables.

15.4 Balance hídrico

El balance realizado por el IGME para el periodo 1974-1983, asignaba unos recursos al acuífero de $4,36 \text{ hm}^3/\text{año}$, con salidas hacia diversos acuíferos y al mar Mediterráneo, además de las extracciones por bombeos, cifradas estas últimas en aquellos momentos en $0,44 \text{ hm}^3/\text{año}$. Este balance fue reelaborado en 1992, asignando unas extracciones de hasta $2,66 \text{ hm}^3/\text{año}$ ($0,66 \text{ hm}^3/\text{año}$ para uso agrícola y $2,05$ para urbano). En la actualidad los nuevos datos hidrogeológicos obtenidos han permitido una actualización del mismo en los siguientes términos:

<u>Entradas</u>	
Infiltración lluvia	4,4 hm ³ /año
Entradas de agua de mar (sector norte)	0,3 hm ³ /año
Total	4,7 hm ³ /año

<u>Salidas</u>	
Bombeos agrícolas	0,94 hm ³ /año
Bombeos urbanos	1,06 hm ³ /año
Salidas laterales al acuífero de Pego-Denia	0,7 hm ³ /año
Salidas al mar (sector oriental)	2,0 hm ³ /año
Total	4,7 hm ³ /año

Otras determinaciones (DPA, 1992) cuantificaron el volumen de bombeo a principio de los años noventa en cifras algo mayores, que alcanzarían los 5 hm³/año, si bien en ese momento se extraían unos 2 hm³/año para abastecimiento a Denia y se incluyeron otras extracciones realizadas en el sector sur del acuífero de Pego-Denia que se estimaba que también captan el acuífero del Montgó. Los recursos en dicho informe se establecen en 4 hm³/año, por lo que existiría un déficit de 1 hm³/año.

15.5 Análisis del uso del agua

El agua subterránea captada en la unidad se emplea fundamentalmente en usos urbanos (abastecimiento de Denia y La Jara), con un volumen de 1,06 hm³/año (2 hm³/año en 1992), y agrícolas, con 0,94 hm³/año, lo que hace un total de 2 hm³/año, cifra moderada si se compara con los recursos del sistema, por lo que los procesos intrusivos sufridos son achacables, tal y como se ha comentado en su capítulo correspondiente, a la existencia de una amplia superficie de contacto entre el acuífero y el mar, así como a la

concentración de las captaciones en una superficie reducida en la zona occidental y a las características de circulación del flujo subterráneo a través de conductos preferenciales. Todo ello ha conducido a la salinización de sus aguas por intrusión marina, que ha obligado, a su vez, al abandono de numerosas captaciones y a la consiguiente reducción de las áreas regables.

En la unidad existe también una captación de abastecimiento urbano, localizada en el flanco sur del Montgó (25.000 m³/año), que se utiliza muy esporádicamente en verano para complementar caudales en una de las urbanizaciones del municipio de Jávea y cuyo volumen ya ha sido incluido en el balance general.

15.6 Hidroquímica

Los datos hidroquímicos disponibles corresponden esencialmente al sector occidental del acuífero (puntos 3032-3-36, 3032-3-49, 3032-3-51 y 3032-4-06). El principal problema de este sector es el incremento en el contenido en el ion cloruro, habiéndose alcanzado valores superiores a 2 g/L. Durante los años 70 el agua era de facies bicarbonatada cálcica con contenidos en cloruros en torno a los 80 mg/L, y es a partir de la década de los 80 cuando aumenta el contenido en este compuesto, presentando concentraciones en torno a 1.500 mg/L en 1982 que llegan a superar los 2.000 mg/L en 1985. Desde 1.986 la concentración comienza a disminuir, como consecuencia del descenso de las explotaciones y abandono de pozos, así como de la finalización del periodo seco sufrido desde el año 1978. En estas condiciones la calidad del agua del acuífero mejora hasta llegar a valores cercanos a los 500 mg/L de contenido en ion cloruro de la situación actual, observándose una tendencia a su estabilización.

El fenómeno comentado está íntimamente relacionado con los cambios de la superficie piezométrica. De este modo, la máxima concentración de cloruros del año 1985 coincide con una depresión generalizada del nivel piezométrico, del mismo modo que la disminución progresiva de dicho ion desde dicho año hasta la actualidad se corresponde con una recuperación de los mismos, provocada por el abandono paulatino de las

16. ACUÍFERO DE LA PLANA DE JÁVEA

16.1 Características litológicas y geométricas

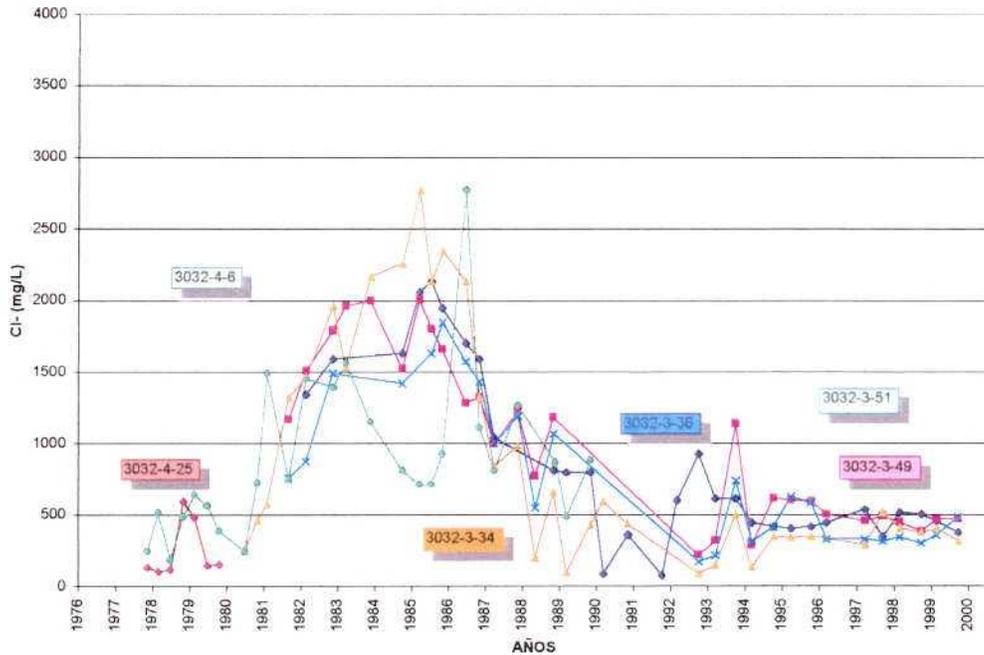
Las formaciones acuíferas del sistema de la Plana de Jávea corresponden a sedimentos detríticos de edad cuaternaria constituidos principalmente por gravas, arenas y limos, relacionados con los procesos de erosión y sedimentación del río Gorgos y la denudación de los relieves mesozoicos y cenozoicos circundantes. El conjunto de estos materiales ocupa las partes más bajas del valle aluvial por el que transcurre dicho río, según una alineación oeste-este. Dentro de este esquema, y a grandes rasgos, la geometría de los sedimentos presenta una forma ligeramente acuñada, con espesores máximos en puntos cercanos a la línea de costa, donde alcanzan entre 30 y 50 metros, y valores mínimos, hasta desaparecer, en los bordes interiores. En la zona más litoral existen además arenas y areniscas de origen marino.

La distribución en superficie de estas formaciones es irregular y presenta un cierto aspecto ramificado, aunque “grosso modo” puede asimilarse a una forma triangular abierta hacia el mar Mediterráneo con una longitud máxima de 7 km y una anchura máxima de 5 km en la línea de costa, que se reduce progresivamente hacia el interior, con una extensión algo superior a los 16 km².

La base impermeable del conjunto acuífero está constituida por las margas del “Tap” pertenecientes al Mioceno, las cuales forman también la mayor parte de sus límites, con la excepción del límite este que corresponde al mar Mediterráneo y es, por tanto, abierto. En el sector meridional el límite es también abierto y existe conexión con el acuífero de la Depresión de Benisa.

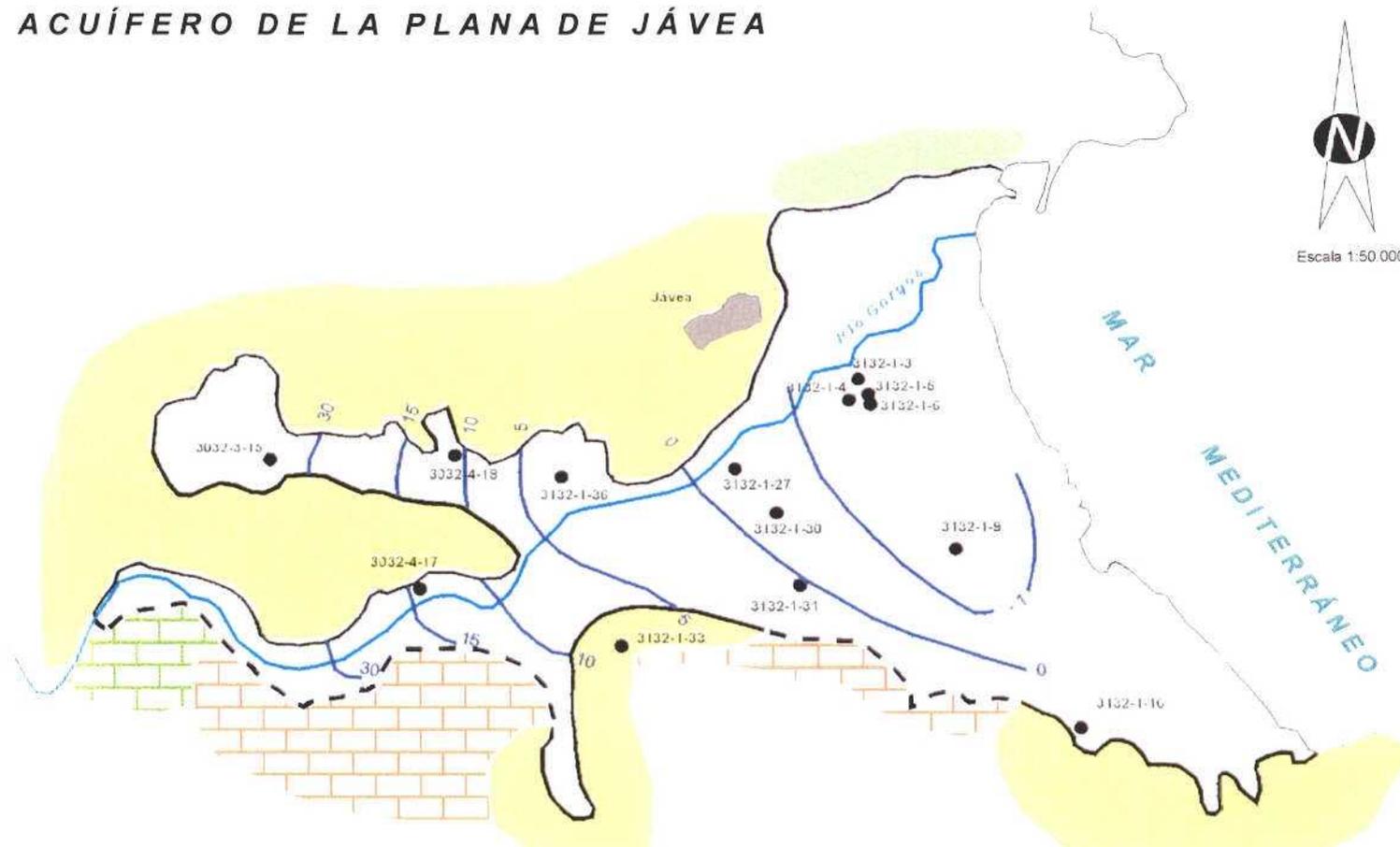
Bajo el Mioceno margoso, que como se acaba de decir actúa como impermeable de base, subyacen las calizas del Cretácico Superior. Recientes investigaciones han detectado la presencia de estas formaciones a 126 metros de profundidad en un lugar situado a 500 metros de la costa junto al cauce del río Gorgos, encontrándose totalmente invadidas por agua de origen marino.

EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO EN CLORUROS
ACUÍFERO DEL MONTGÓ



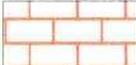
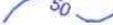
explotaciones como consecuencia de la salinización de los pozos. La rápida respuesta del contenido de cloruros ante las variaciones de los niveles piezométricos, indica la existencia de un sistema kárstico muy desarrollado que permite una entrada directa del agua del mar a través de conductos preferentes de circulación, y en consecuencia la inversión del flujo subterráneo, que se produce como respuesta a una explotación excesiva de los recursos del acuífero.

ACUÍFERO DE LA PLANA DE JÁVEA




 Escala 1:50.000

LEYENDA

- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
|  | Acuífero detrítico cuaternario de la Plana de Jávea |  | Calizas cretácicas del acuífero de la Depresión de Benisa |  | Impermeable de base cretácico Margas y margocalizas |
|  | Calizas miocenas del acuífero de la Depresión de Benisa |  | Impermeable de base mioceno: Facies Tap | | |
|  | Límite abierto |  | Límite cerrado | | |
|  | Pozo |  | Isopieza mayo 2.000. (m s.n.m.) | | |

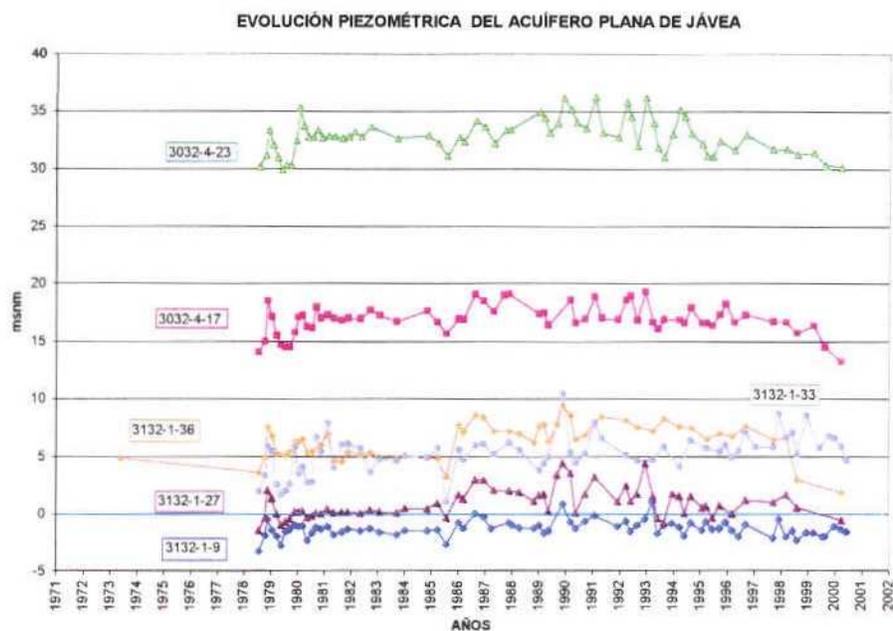


El acuífero de la Plana de Jávea se extiende sobre el amplio valle que forma el curso bajo del río Girona

16.2 Características piezométricas

La morfología de la superficie piezométrica presenta un cierto control topográfico, dadas las características del sistema, con máximos en los sectores más interiores, donde alcanza cotas de hasta 35 y 40 m s.n.m., mientras que en la mitad oriental los niveles de agua se sitúan en su mayor parte por debajo de la cota cero, con mínimos habituales en torno a los -2 m s.n.m. al sureste de la localidad de Jávea, donde existe una depresión piezométrica creada como consecuencia de las extracciones realizadas en el acuífero. Estos conoides varían fácilmente su disposición a lo largo del tiempo en función de los volúmenes extraídos en cada momento. En este sentido hay que resaltar el abandono, o disminución de los bombeos en algunas captaciones, como en los antiguos pozos de abastecimiento a Jávea, y el cambio en la explotación general en el sistema a consecuencia de la salinización de sus aguas subterráneas. Las oscilaciones piezométricas estacionales son moderadas, de 2 a 3 metros en el sector occidental y de 1 a 2 metros en el oriental.

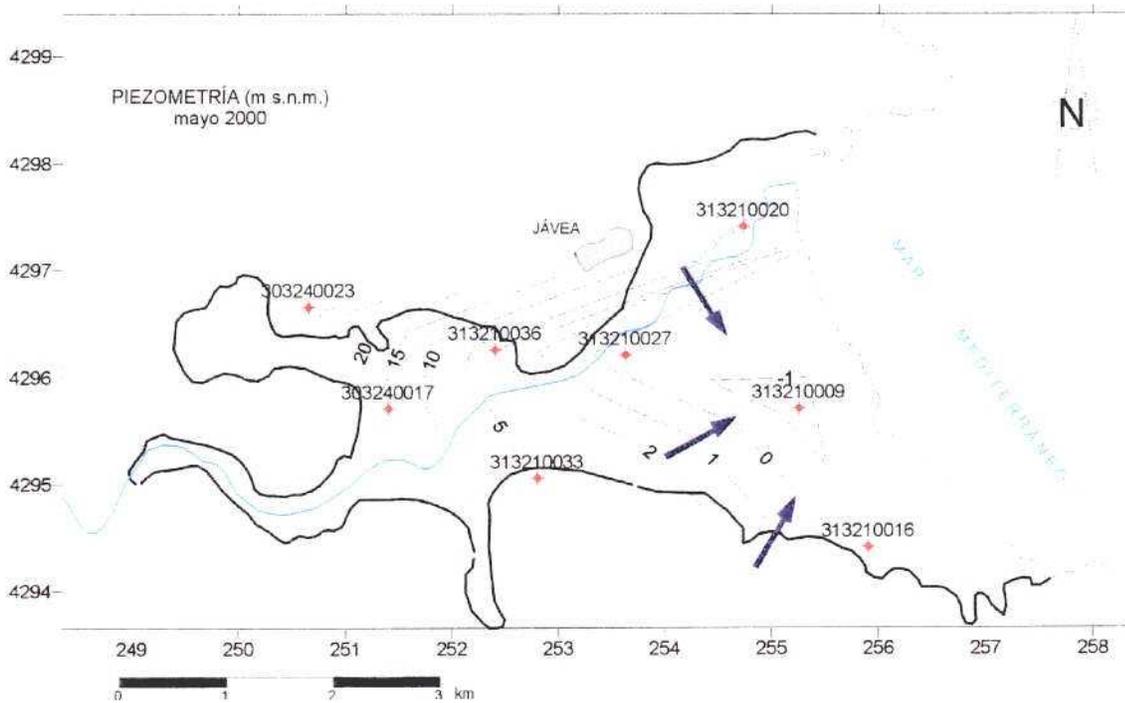
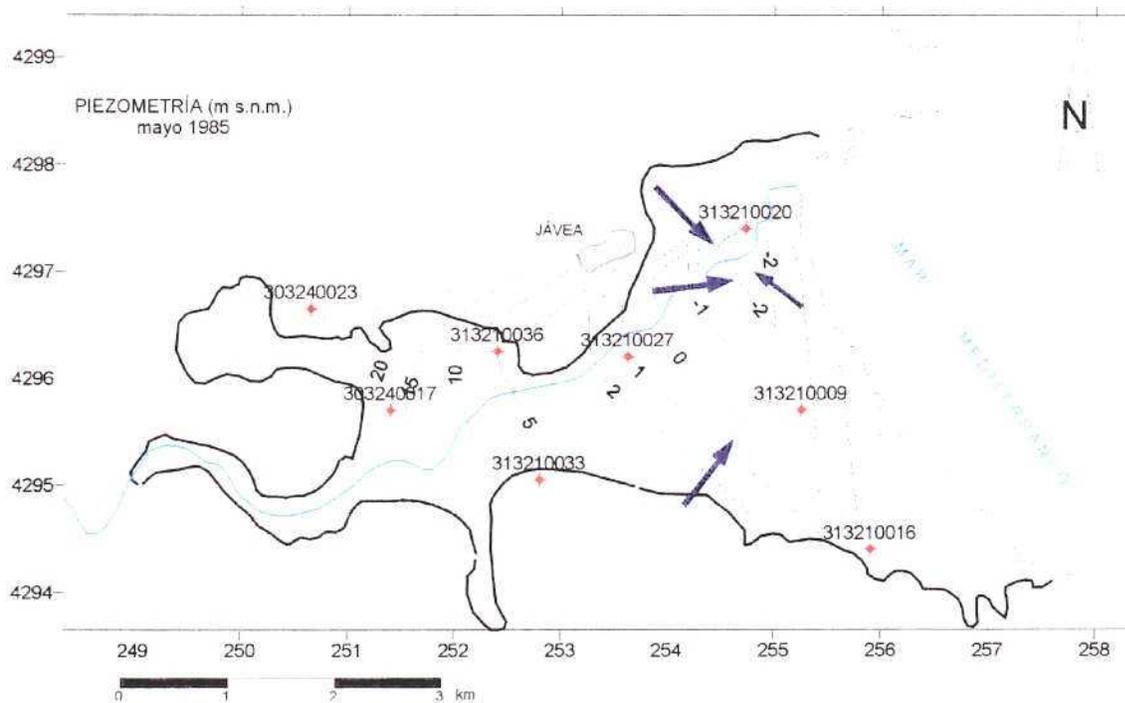
Por otra parte, y a nivel hiperanual, la piezometría presenta diferencias máximas de hasta 6 metros en algunos puntos, sin observarse una tendencia negativa desde el inicio del periodo de control en el año 1978.



16.3 Funcionamiento hidráulico

El flujo subterráneo se verifica de forma general en sentido oeste-este hacia el mar Mediterráneo, con un gradiente hidráulico superior al 1% en el sector más próximo a la localidad de Gata, que disminuye hasta valores cercanos al 0,3% en las cercanías de la línea costera.

El aprovechamiento de los recursos del acuífero tiene lugar exclusivamente a través de los numerosos pozos y sondeos existentes (del orden de 60 perforaciones inventariadas, en su gran mayoría de gran diámetro), cuyas profundidades no suelen superar los 30 metros. Los caudales de explotación más habituales están entre los 25 y los 50 L/s, con máximos de 125 y



Esquema de funcionamiento hidrodinámico del acuífero y situación piezométrica en mayo de 1985 y en mayo de 2000

150 L/s (3132-1-6 y 1-30) localizados en las proximidades del cauce del Gorgos al sur de Jávea. Los valores de transmisividad obtenidos oscilan entre 750 y 7.500 m²/día, aumentando en general en dirección al mar debido al incremento del espesor de la zona saturada.

La alimentación general del sistema tiene lugar por la infiltración directa del agua de lluvia, por la recarga producida en el cauce del río Gorgos y por los retornos de regadío. La naturaleza abierta del límite meridional en contacto con las calizas cretácicas y miocenas del Tossalet permite también una alimentación lateral procedente del acuífero de la Depresión de Benisa, aunque ésta puede no ser continua, hecho que sí debía darse en régimen natural, ya que el cambio en las condiciones hidráulicas provocado por las explotaciones debe haber reducido dichas entradas.

Las salidas del sistema se verifican casi exclusivamente a través de bombeos agrícolas y urbanos, habiendo sido prácticamente anuladas las salidas al mar, mecanismo de drenaje del acuífero en régimen natural.

16.4 Balance hídrico

La cuantificación de cada uno de los conceptos mencionados en el apartado anterior difiere según el periodo analizado. Esto es especialmente evidente para el volumen de las extracciones, ya que éstas han ido variando a lo largo del tiempo entre los 2,5 y los 6 hm³/año, alcanzando incluso en algunos momentos los 10 hm³/año, hecho que provocó en primer lugar la salinización de las captaciones y, posteriormente, con el descenso de los bombeos, una recuperación parcial de la calidad del acuífero.

Los recursos de la unidad, según diferentes informes y estudios, oscilan entre los 2,5 y los 5 hm³/año, de los que entre 2,3 y 3,4 hm³/año corresponderían a infiltración de agua de lluvia y recarga a través del cauce del río Gorgos, entre cero y 0,3 hm³/año a retornos de regadíos, y entre cero y 2,6 hm³/año a la alimentación procedente del acuífero de la Depresión de Benisa.

En cuanto a las salidas, se dan valores comprendidos entre los 2,5 y los 10 hm³/año dependiendo del periodo considerado (Ballesteros et al, 2001; DPA, 1992; IGME, 1983,

IGME, 1988). El acuífero ha sufrido, por tanto, un déficit hídrico en ciertos momentos, que ha ocasionado la inversión del flujo subterráneo y la entrada de agua de mar, provocando la salinización de sus aguas.

En la actualidad se pueden estimar unos recursos cifrados en torno a 4,2 hm³/año, de los que 2,3 hm³/año procederían de la infiltración del agua de lluvia, recarga del río Gorgos y retornos de regadíos, y los restantes 1,9 hm³/año corresponderían a aportes procedentes del acuífero de la Depresión de Benisa.

Respecto al capítulo de salidas, éstas se producen exclusivamente a través de las extracciones por bombeo, que serían similares a los recursos del sistema, es decir 4,2 hm³/año (año 1998), con lo que el acuífero se encontraría prácticamente en una situación de equilibrio.

16.5 Análisis del uso del agua

Las aguas subterráneas del acuífero cuaternario de Jávea se han usado históricamente tanto para el abastecimiento a esta población como para usos agrícolas mediante la explotación de las numerosas captaciones existentes, en su mayor parte pozos excavados.

Las captaciones de abastecimiento urbano, que llegaron a extraer más de 6 hm³/año, fueron abandonadas gradualmente, especialmente las urbanas, a finales de los años ochenta, a causa del empeoramiento de la calidad del agua por procesos de intrusión salina y también por la aparición de contaminación difusa asociada a la actividad agrícola. En la actualidad, y debido a la grave carencia de recursos, algunas de ellas permanecen todavía en uso a pesar de presentar ciertos problemas de salinidad, que han ido mejorando con el tiempo, y también de contaminación por nitratos, con un volumen de extracción anual próximo a 2,2 hm³/año.

La utilización de los recursos de la unidad para riego, que según diversas informaciones llegó a ser muy elevada a principios de los años setenta (6 a 9 hm³/año conjuntamente con los usos urbanos) para sufrir después una fuerte disminución, persiste todavía, siendo la superficie sometida a este uso de unas 447 ha, la mayor parte de ellas dedicadas a cultivos de cítricos,

con dotaciones reales del orden de 4.500 m³/ha/año, y unos bombeos asociados de aproximadamente 2 hm³/año.

Con la información recogida se ha podido reconstruir la historia de las extracciones en este sistema hidrogeológico. En una primera etapa, que transcurre entre principios de los años sesenta y mediados de los setenta, y de la cual existen escasos datos, la unidad comienza a ser explotada de forma cada vez más intensa por captaciones destinadas a uso agrícola y, en menor medida, urbano hasta alcanzar valores de unos 9 hm³/año. Debido a este hecho el acuífero debió sufrir una fuerte salinización (no existen referencias concretas al respecto ya que la red de observación y control es posterior) que debió de provocar el abandono de numerosas captaciones. Como consecuencia, en los años siguientes el acuífero recupera parcialmente su calidad. Una estimación realizada por el IGME para el periodo 1948-1983 cifra las extracciones en una media de 6 hm³/año, lo que da idea de la fuerte explotación que sufrió el acuífero hasta mediados de los años setenta, ya que las extracciones descendieron bastante a partir de entonces (IGME, 1988).

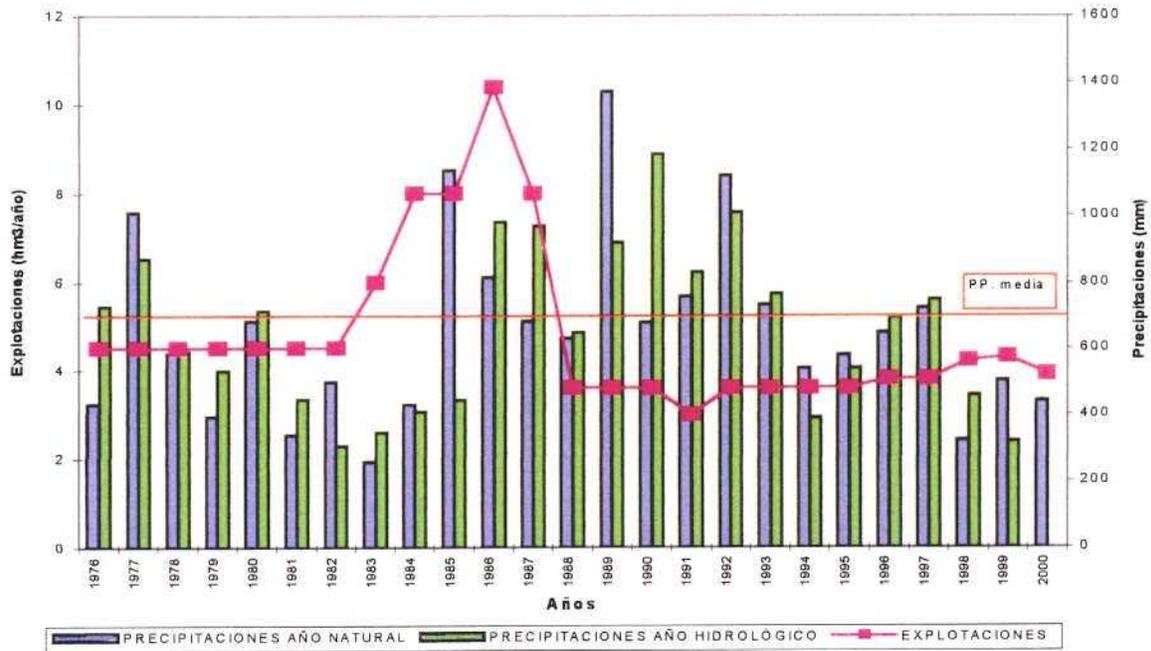
Entre la fecha anteriormente referida (mediados de los años setenta) y 1982, coincidiendo con un fuerte periodo de sequía, descienden los bombeos hasta volúmenes cercanos a los 4,5 hm³/año.

A partir de 1983 (6 hm³/año) se incrementan de nuevo las extracciones, esta vez impulsadas por la necesidad de disponer de agua para abastecimiento urbano, y ante la disminución de los recursos de otros acuíferos utilizados por la población de Jávea, ocasionada por el final de la época seca de los años 1979 a 1984. Este periodo culmina en el año 1986 con el bombeo de 10,39 hm³/año, de los cuales 7,39 hm³/año son para uso urbano-industrial y sólo 3 hm³/año son destinados a regadío.

Desde 1988, debido al fuerte incremento de la salinidad y la recuperación de los otros acuíferos utilizados para el abastecimiento de Jávea, las extracciones descienden hasta cerca de 3 hm³/año, según datos de la Diputación de Alicante, y continúan entre este valor y 4,2 hm³/año de año 1998 (2,2 hm³/año para uso urbano y el resto para uso agrícola) hasta la actualidad. Estos datos quedan resumidos en el siguiente cuadro:

ESTIMACIÓN DE LAS EXTRACCIONES HISTÓRICAS REALIZADAS EN EL ACUÍFERO DE LA PLANA DE JÁVEA (hm³/año)

PERIODO	EXTRACCIONES	MEDIA
1970-1975	6 - 9	7,5
1976-1982	4,5	4,5
1983-1988	6 - 10	8
1989-2000	3 - 4,2	3,6



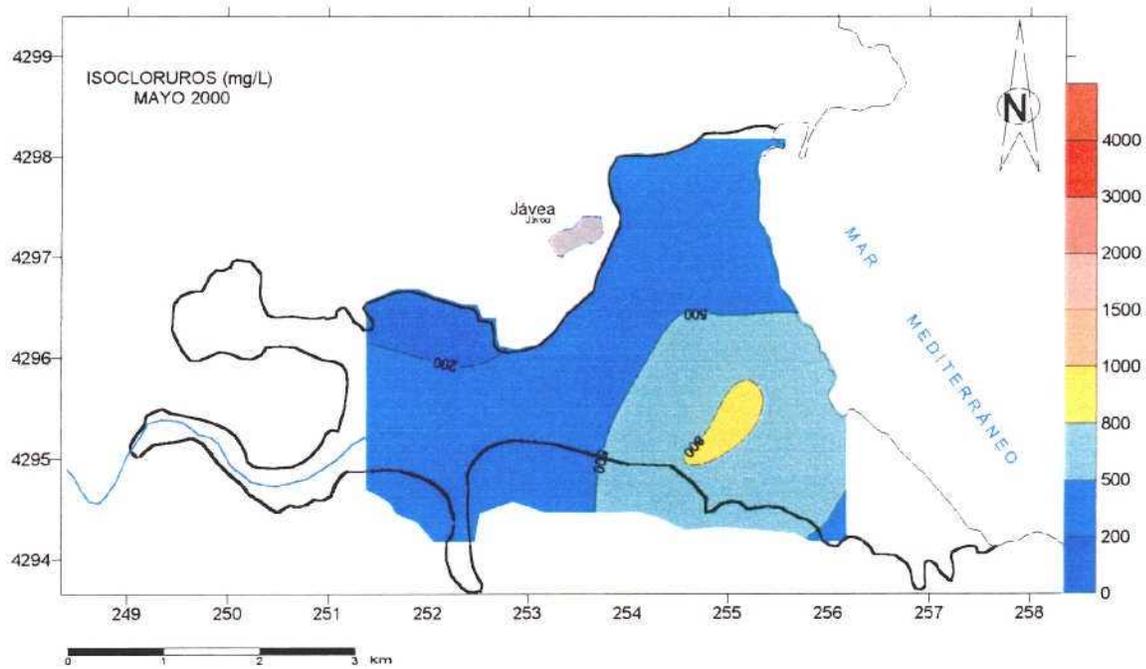
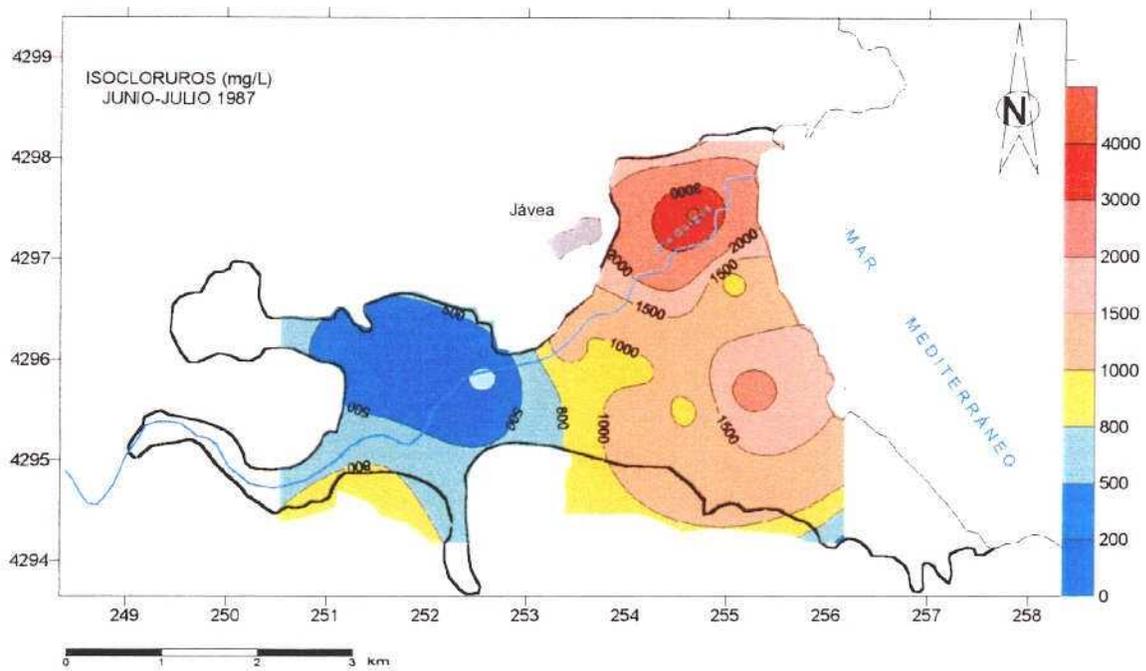
Explotaciones y precipitaciones en el acuífero de la Plana de Jávea

16.6 Hidroquímica

Como se ha comentado, el acuífero ha sufrido de forma general procesos de intrusión salina debido a la magnitud de las extracciones realizadas, que han influido de manera notable en el desplazamiento hacia el interior de la interfase salina. Los valores más elevados de contenido en cloruros se han dado tradicionalmente en el sector situado al sur y este del núcleo urbano de Jávea, donde se ubican algunos de los pozos de abastecimiento de dicha población, así como en el borde noreste del Tossalet, mientras que las concentraciones más bajas de este ion se han obtenido en el sector occidental, donde han oscilado entre los 200 y los 300 mg/L.

En el primero de estos sectores se llegaron a alcanzar en 1983 conductividades cercanas a los 9.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y contenidos en cloruros próximos a los 4.000 mg/L. Posteriormente, al descender las extracciones y coincidir con una época húmeda se produjo un descenso progresivo de la salinidad hasta quedar situada en torno a valores de 200 a 300 mg/L (sondeo 3132-1-27). En el otro sector, borde nororiental del Tossalet, en la actualidad se da una situación algo mejor a la existente a principios de los años ochenta, después de que en el período de 1989 a 1997 mejorara sensiblemente la calidad del agua, pasando de valores de concentración de ion cloruro entre 2.000 y 2.500 mg/L a otros próximos a 100 mg/L. En esta evolución, además de las variables climáticas ha intervenido el régimen y distribución de extracciones practicadas tanto en el acuífero de Jávea como en el contiguo acuífero de la Depresión de Benisa. La evolución de estas variables se expondrá con detalle en capítulos posteriores.

Respecto a otros componentes del agua subterránea, es interesante destacar las elevadas concentraciones de sulfatos en zonas no afectadas por la intrusión marina (entre 250 y 500 mg/L con máximos de 700 mg/L), y cuya presencia podría tener un origen antrópico ligada al empleo de abonos agrícolas. La concentración del ion nitrato es también muy elevada en la mayor parte del acuífero, con valores habituales entre 60 y 90 mg/L.

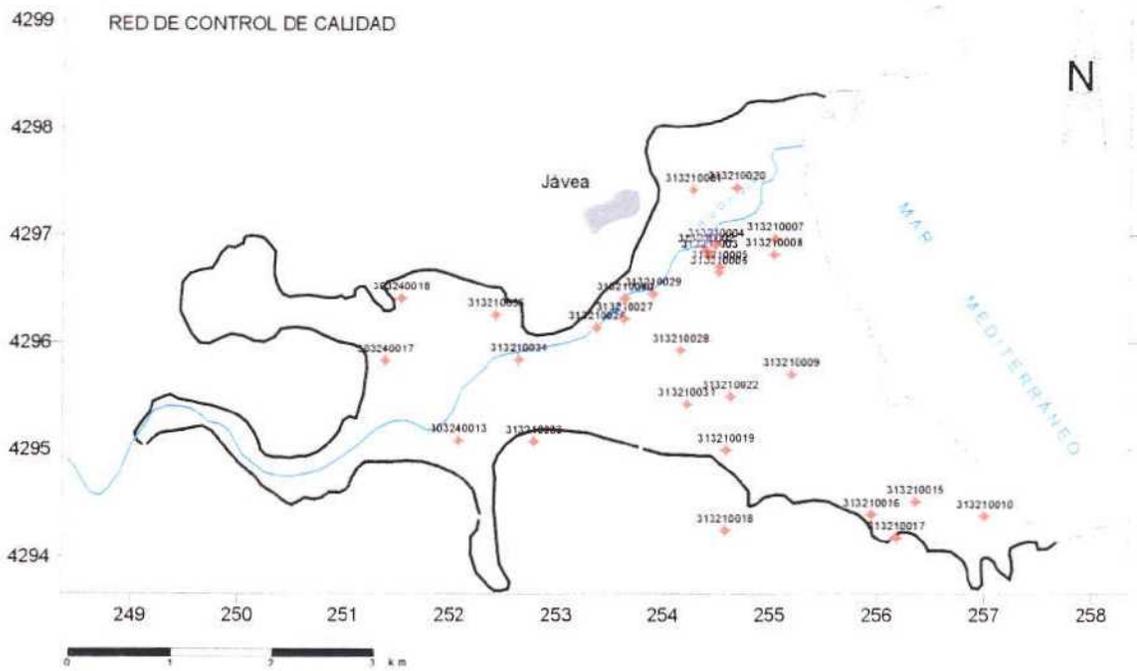


16.7 Evolución de los procesos de intrusión marina

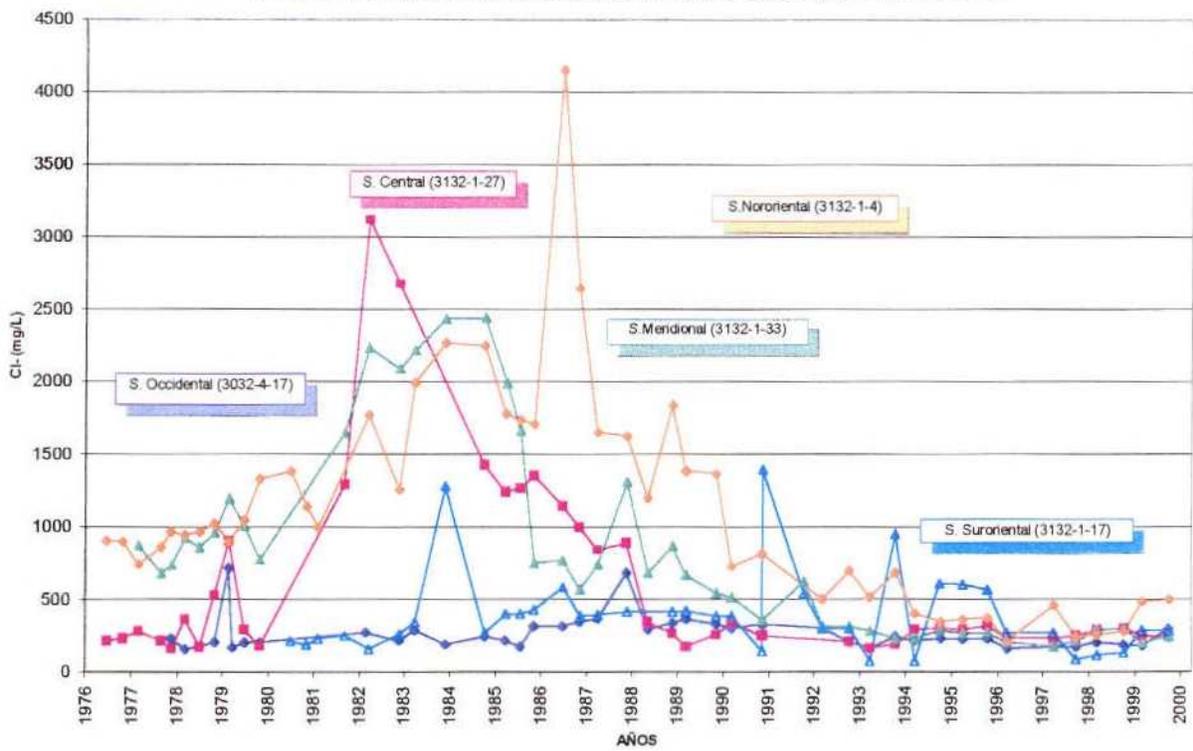
La implantación de una red de control, basada en análisis de la concentración en ion cloruro y en la medición de la conductividad eléctrica, puesta en marcha por el IGME a partir de los años 1976-1977, ha permitido conocer con detalle la evolución de la calidad del agua subterránea y los procesos de intrusión marina en el acuífero de la Plana de Jávea, observando al mismo tiempo su respuesta ante las diferentes situaciones climáticas y de explotación de recursos a que ha sido sometido este sistema hidrogeológico. Dicha red, basada en el muestreo de agua en captaciones de menos de 30 metros de profundidad, con tomas realizadas entre los 10 y los 20 metros, llegó a estar compuesta en algunos momentos por 32 puntos, si bien en la actualidad dispone de 11, de los que sólo 8 presentan registros con cierta continuidad desde el año 1977.

Para determinar el comportamiento del acuífero, en relación con el régimen de explotación soportado por el mismo y establecer su repercusión sobre los procesos intrusivos, se han seleccionado cuatro periodos diferentes de cuyo análisis comparativo se constata, de forma clara, el fuerte proceso de contaminación sufrido por el sistema y la mejora sustancial posterior de la calidad de sus aguas subterráneas, con el retroceso de la interfase salina.

La situación del acuífero antes de su sobreexplotación es la definida por la campaña de determinación del ion cloruro realizada entre los meses de junio y julio de 1978, dicha situación está marcada por unas extracciones moderadas ($4,5 \text{ hm}^3/\text{año}$) aunque ligeramente por encima de sus recursos renovables. En el mapa de isocontenidos se observa cómo en el sector oriental del acuífero se obtienen valores superiores a 1.000 mg/l , con la aparición de dos domos salinos uno al sur del río Gorgos y otro al norte del Tossalet, que apuntan las vías preferenciales de penetración del frente salino en el sistema, la primera procedente directamente del mar y la segunda a través de las calizas cretácicas del Tossalet, pertenecientes al acuífero de la Depresión de Benisa. En general, las concentraciones son todavía moderadas, con máximos en los pozos 3132-1-31 y 3132-1-6 (1.676 y 1.889 mg/L), si bien en más de la mitad de la unidad se superan ya los 500 mg/L .



EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN EN IÓN CLORURO. ACUÍFERO PLANA DE JÁVEA

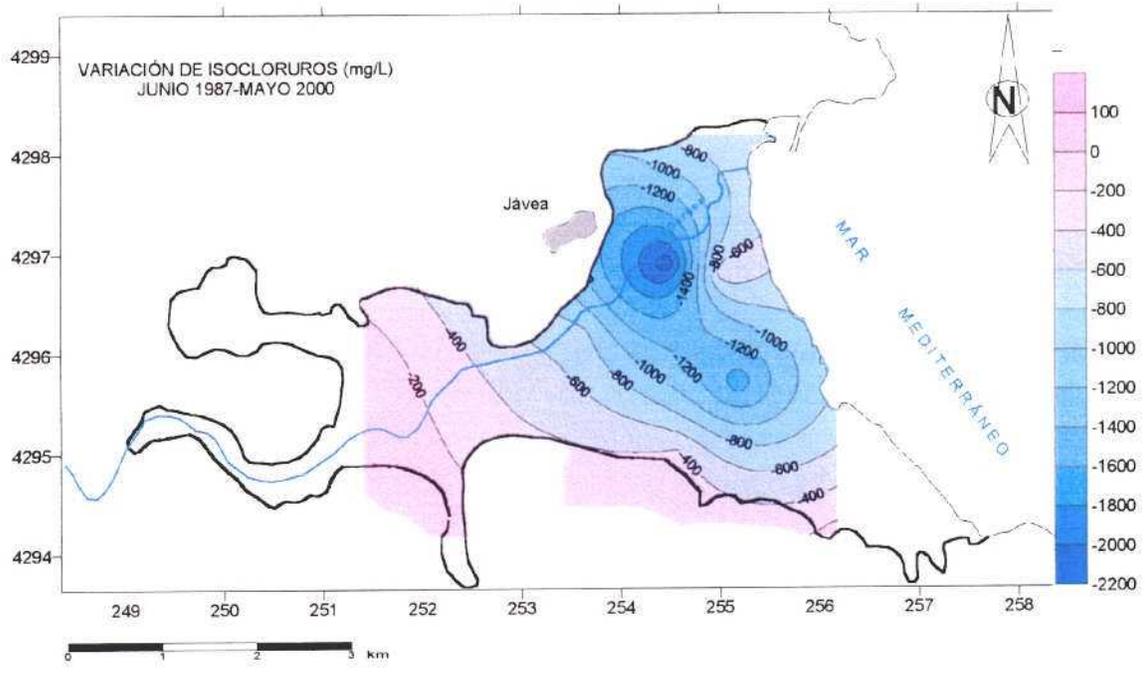
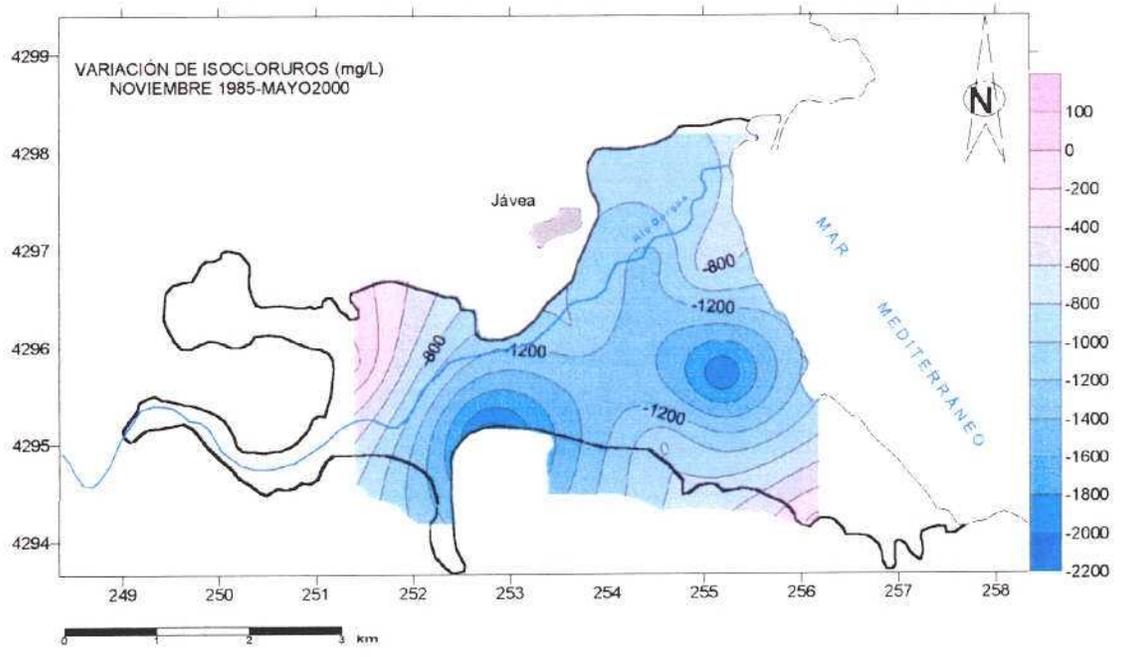


El mes de noviembre de 1985, el progresivo incremento de las extracciones (en ese momento se llegan a extraer cerca de 6 hm³/año), coincidente con el final de una fuerte sequía (431 mm/año frente a una media de 652 mm/año para el periodo 1976-2000), hace que la interfase salina alcance su máxima expresión, penetrando fuertemente hacia el interior del continente. En este caso el abandono de algunos de los pozos tradicionales de abastecimiento a Jávea en el año 1983, debido a su salinización, y sustituidos por captaciones localizadas en otros acuíferos, hace que los domos salinos se desplacen hacia el sur, con valores máximos que alcanzan los 2.800 mg/L. En esta fecha se superan los 1.000 mg/L en la mayor parte del acuífero, salvo en el sector nororiental.

La situación de sobreexplotación continúa y, a pesar de haber finalizado la sequía, los efectos producidos por las extracciones y la inercia del sistema hace que se alcancen los máximos contenidos en ion cloruro en algunos sectores, superándose incluso los 4.000 mg/L en la zona oriental, ya que se habían vuelto a utilizar los antiguos pozos de abastecimiento a Jávea. Por otra parte, los efectos de la nueva situación pluviométrica se dejan sentir en la zona occidental donde se detectan bajas concentraciones en cloruros debido especialmente al efecto de recarga producido por el río Gorgos. Esta circunstancia hace que sólo en la mitad oriental del acuífero se superen los 1.000 mg/L.

En la actualidad, después de haber soportado situaciones tan insostenibles como las precedentes, y como resultado de la reducción de las extracciones hasta volúmenes próximos a los recursos renovables del sistema y, en menor medida, de las actuaciones de lucha contra la intrusión marina llevadas a cabo (reubicación de las captaciones de aprovechamiento urbano y construcción de las zanjas de infiltración en el cauce del río Gorgos), se ha obtenido una apreciable mejora en las condiciones del acuífero, traducida en una situación de sostenibilidad en la que la interfase salina ha retrocedido de forma muy significativa, con contenidos en ion cloruro inferiores a los 500 mg/L en la mayor parte de la unidad. El hecho es especialmente significativo si se tiene en cuenta además las escasas precipitaciones habidas en los últimos cinco años (media de 442 mm/año).

La variación en el contenido de cloruros respecto a la situación de máximo avance de la intrusión salina, expuesta en las figuras que acompañan a este texto, muestra que la mejora ha



lado muy acusada, con descensos superiores a 1.400 y 2.000 mg/L en algunos puntos de la mitad oriental de la unidad en relación con los valores de noviembre de 1987, y superiores a 1.800 y 2.000 mg/l en el sector oriental y en el límite con el acuífero de la Depresión de Benisa, respectivamente, con respecto a los valores obtenidos en junio de 1987.

17. ACUÍFERO DE MEDIODÍA

Hasta hace poco tiempo los diferentes estudios realizados incluían a este acuífero dentro del sistema Almudaina-Alfaro-Mediodía-Segaria, hecho que se refleja en la actual división de unidades hidrogeológicas aún vigente en la Confederación Hidrogeológica del Júcar, sin embargo algunas investigaciones realizadas en la primera mitad de los años noventa determinaron de forma clara un funcionamiento diferenciado de este acuífero respecto del resto de dicho sistema.

17.1. Características litológicas y geométricas

El acuífero tiene forma alargada, con unos 21 km de longitud y una anchura media algo mayor de 2 km (máximo de 4 y mínimo de 0,5 km) y ocupa una extensión superficial de 45 km², que en su práctica mayoría corresponde a afloramientos de materiales permeables.

La formación acuífera principal es la misma que la del sistema de Almudaina-Alfaro-Segaria, y está constituida por unos cuatrocientos metros de calizas y dolomías del Cretácico superior, adquiriendo 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, que aparecen en su sector oriental.

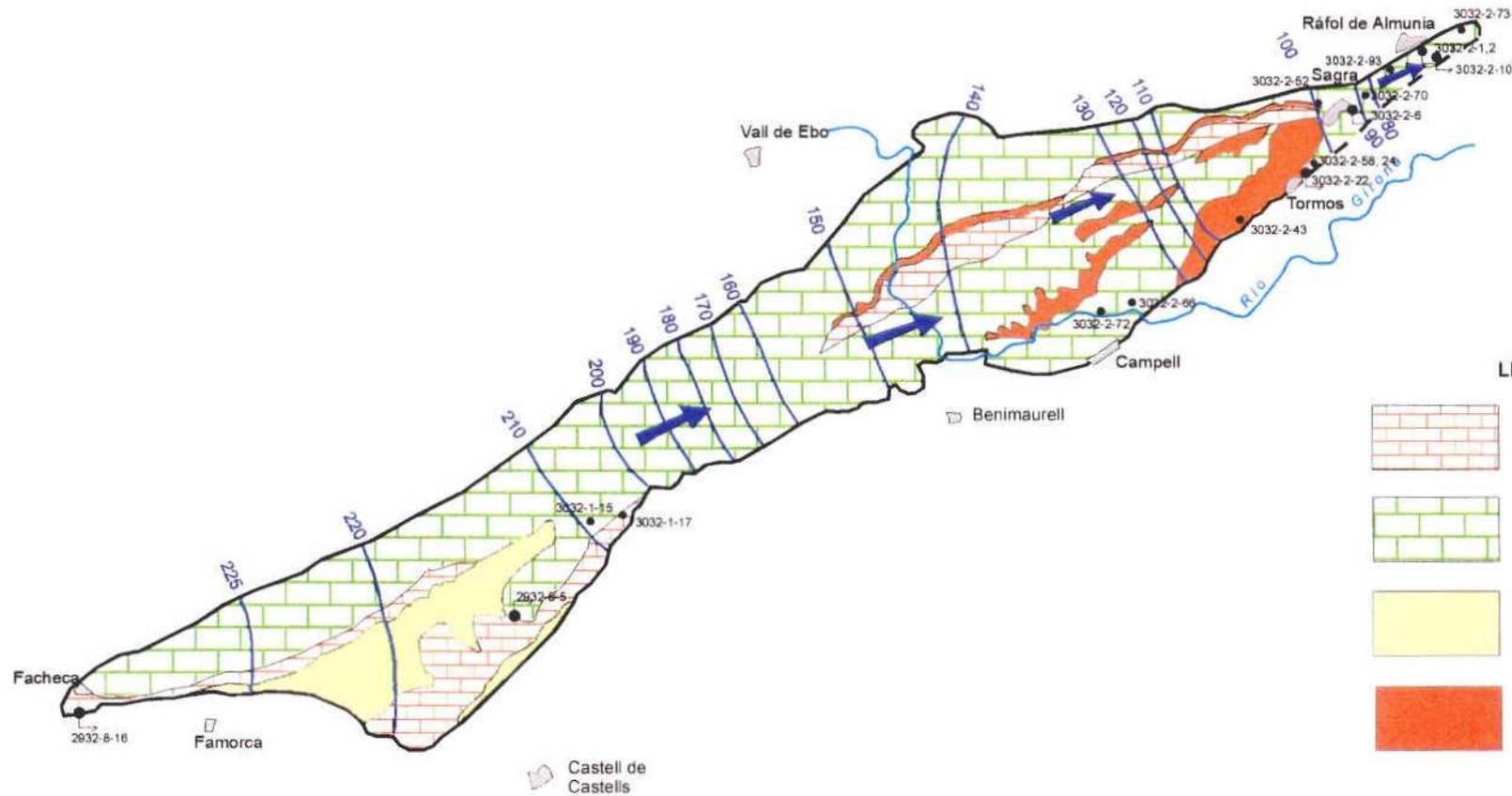
La base impermeable de la unidad viene definida por las margas y margocalizas del Barremiense, mientras que el techo lo constituyen los materiales margosos miocenos en facies 'tap' en los sectores donde éstos están presentes.

La acusada forma alargada del sistema hace que sus límites queden reducidos a sus bordes septentrional y el meridional, si bien existe una alta complejidad geológica que genera alguna incertidumbre en la definición de los mismos, aunque con un margen de

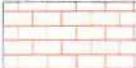
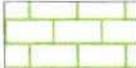
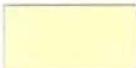
ACUÍFERO DE MEDIODÍA



Escala 1:100.000



LEYENDA

-  Afloramientos permeables terciarios. Calizas
-  Acuífero carbonatado cretácico
-  Mioceno impermeable. Margas
-  Paleógeno impermeable. Margas y calizas

-  Límite abierto
-  Límite cerrado
-  Sondeo Manantial
-  Isopieza (m s.n.m.)
-  Flujo subterráneo

variación reducido. El primero, el septentrional, se establece a favor de la elevación del impermeable de base generada por la estructura antiformal de la sierra de Alfaro, que en algunos sectores presenta buzamientos verticalizados, asociada a la existencia de fallas inversas en cuya génesis podría estar implicada la facies Keuper del Triás. Este dispositivo permite que la formación impermeable neocomiense quede por encima de la cota de la superficie saturada del acuífero, ocasionando su desconexión del acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria.

El límite meridional entre Tormos y Castell de Castells lo define el impermeable de base y los materiales de la facies "tap" (e incluso también del Keuper) que aparecen en algunos sectores de la falla inversa existente en esta zona y que al prolongarse en profundidad sellan lateralmente al acuífero. En este límite existen algunas áreas en las que los materiales aptienses de los acuíferos de Cocoll y del Peñón contactan con la sierra del Mediodía, pero la baja permeabilidad de esta formación y la elevada cota topográfica en el área de contacto impiden cualquier conexión hidráulica, por lo que éste es cerrado. En el sector más occidental del borde meridional (al oeste de Castell) el límite no se conoce con precisión, aunque se supone cerrado a causa del gran espesor de margas en facies "tap" o bien por contacto lateral bajo ellas con materiales impermeables pertenecientes al Oligoceno de la sierra de Serrella.

Por último, desde Sagra hasta Ráfol de Almunia, sector donde se concentran las descargas del acuífero, el límite podría ser parcialmente abierto y permitir la conexión hidráulica con el acuífero de Pego-Denia en algunos momentos concretos.

17.2 Características hidrodinámicas

Los datos de ensayos de bombeo disponibles que permiten conocer los parámetros hidráulicos del acuífero son muy escasos, por lo que en el modelo realizado en 1986 se estimó inicialmente para la totalidad del conjunto de acuíferos que componen el sistema

de Almudaina-Alfaro-Mediodía-Segaria una permeabilidad de 1 m/día y un coeficiente de almacenamiento del 1%.

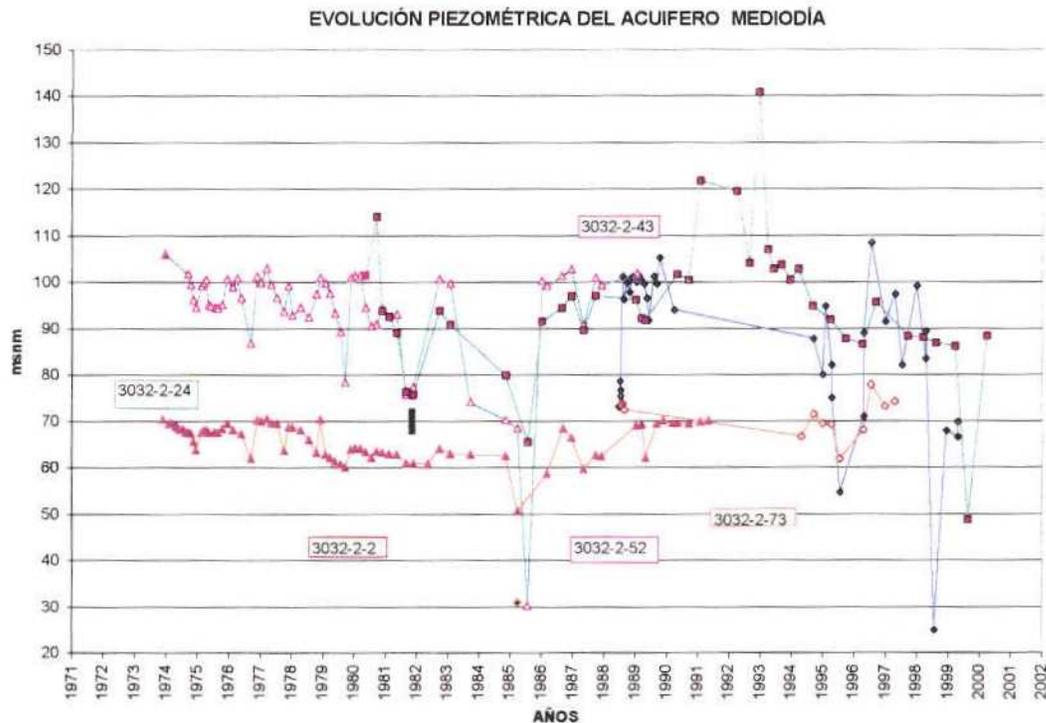
De acuerdo con el espesor saturado de material permeable, las transmisividades que se calcularon inicialmente estaban entre los 200 y los 400 m²/día, sin embargo las transmisividades obtenidas después de ajustar el modelo arrojaron valores diferentes de unos sectores a otros, normalmente comprendidos entre 200 y 800 m²/día, con máximos en el sector de Tormos-Sagra donde se pueden superar los 1.200 a 1.500 m²/día.

El valor medio de la porosidad eficaz resultante del modelo de simulación matemática realizado en el año 1992 fue del 4 %, con valores extremos del 2,5 y 7 %. Como coeficiente de almacenamiento se obtuvo un buen ajuste tomando para todo el acuífero el valor de 1×10^{-4} .

17.3 Características piezométricas

La cota de la superficie piezométrica va desde cerca de los 225 a 300 m s.n.m. en el sector más occidental (entre Famorca y el barranco de Malafi), hasta valores próximos a los 60 a 70 m s.n.m. en el área de descarga, situada entre Sagra y Ráfol de Almunia, donde se localizan las principales surgencias.

La evolución de la superficie piezométrica permite ser conocida a partir de varios puntos de control, localizados casi todos ellos en la mitad oriental del acuífero, algunos con medidas desde comienzo de los años setenta. Del análisis de sus series temporales se deduce la existencia de equilibrio en la superficie piezométrica, pero con la presencia de descensos acusados al final de épocas muy secas, como las acaecidas a mediados de los años ochenta y al final de los noventa, que persiste durante el año 2000, con recuperación posterior del acuífero al normalizarse los parámetros climáticos.



Las oscilaciones estacionales tienden a ser mayores con la lejanía al área de descarga, siendo normales variaciones del orden de 10 metros. Las diferencias interanuales extremas observadas, según lo comentado en líneas anteriores, han sido importantes, pudiendo alcanzar en algunos puntos en el área de Tormos (3032-2-52) los 90 metros.

17.4 Funcionamiento hidráulico

Tal y como pone de manifiesto la morfología de la superficie piezométrica, la circulación del agua subterránea se realiza en sentido SO-NE desde la zona de recarga de los sectores más orientales de la sierra del Mediodía hacia la zona de descarga localizada en su extremo suroriental.

La alimentación del acuífero se produce por la infiltración del agua de lluvia y por la infiltración de la escorrentía superficial a lo largo del cauce del río Ebo ó Girona, a la que

contribuye de forma importante la presa de Isbert, a través de cuyo vaso permeable se produce la recarga artificial del sistema.



El río Ebo a la entrada del barranc del Infern. Este sector constituye la principal zona de recarga del acuífero del Mediodía

La descarga del acuífero tiene lugar por los bombeos realizados en la unidad para distintos usos, por drenaje natural a través de los manantiales de Sagra (3032-2-6) y especialmente de la Cava de Ráfol (3032-2-10) y la Bolata (3032-2-22), esta última con un claro comportamiento en “trop plein”, así como también por salidas laterales subterráneas en su extremo oriental hacia el aluvial del río Girona.

17.5 Balance hídrico

Los recursos del acuífero de la sierra de Mediodía, como unidad diferenciada del resto del sistema de Almudaina-Alfaro-Mediodía-Segaria, fueron establecidos en el “Estudio para la Regulación y Gestión de los Recursos Hídricos Subterráneos del Sistema

Acuífero Mediodía. Alicante”, realizado por el ITGE y la Diputación de Alicante en 1992, en un volumen de 14,39 hm³/año para el periodo 1962/1988, asignado a la infiltración del agua de lluvia y de la procedente de la escorrentía superficial del río Ebo.

Las descargas del sistema determinadas en el informe mencionado, en este caso para el periodo 1988/1990, quedan repartidas entre las extracciones por bombeos (5,33 hm³/año), el drenaje de los manantiales de Sagra (0,76 hm³/año), Cava y Bolata (5,26 hm³/año) y las salidas laterales hacia el aluvial del río Girona (3,13 hm³/año), lo que implica un pequeño superávit no significativo de ajuste de balance para este último periodo. En dicho documento se determinó también el drenaje del sistema en régimen no influenciado, obteniendo unas salidas de 8 hm³/año a través de Cava y Bolata y de 1,16 hm³/año a través de los manantiales de Sagra (9,16 hm³/año para el total de las surgencias), siendo en este caso 5,24 hm³/año el volumen cedido al detrítico del Girona.

Existen trabajos anteriores sobre las descargas de los manantiales de la sierra de Mediodía, entre los que resalta el llevado a cabo por J. Benavente Herrera en 1986, mediante análisis correlatorio y espectral para el periodo comprendido entre 1974 y 1981, quien establece el drenaje de estas surgencias en 14,26 hm³/año.

En el estudio llevado a cabo en el presente proyecto de investigación sobre las descargas de este sistema acuífero, expuesto en el documento III de este informe, se obtiene que la salida de los manantiales de la Cava y la Bolata es de 3,4 hm³/año (periodo 1976-1988) para el primero y de 11 hm³/año (periodo 1974-1982) para el segundo, lo que supone en total 14,4 hm³/año, valor muy similar al calculado por Benavente Herrera. Es necesario resaltar que en ambos casos estos volúmenes pueden ser asimilables a un régimen no influenciado, ya que es a partir de 1988 cuando el acuífero comienza a ser explotado de una forma más intensa, coincidiendo con la puesta en explotación del sondeo Lucifer de abastecimiento a Calpe (3032-2-71), cuyas extracciones se cifran en el informe de 1992 en 2,86 hm³/año para los años de 1988 a 1990, y que alcanzan los 3,38 hm³/año en el año 2000.



Salida de la galería del manantial de la Cava en Sanet y Negrals

Como resultado de lo expuesto anteriormente, se concluye que hay una diferencia cercana a los de $5,2 \text{ hm}^3/\text{año}$ entre el informe de 1992 y el resto de trabajos para los volúmenes del sistema drenados por manantiales, sin embargo, el total de las salidas sí coincidiría en todos los casos (entre $14,26$ y $14,4 \text{ hm}^3/\text{año}$) si se estima que no existe transferencia lateral al aluvial del Girona. Debido a esto cabría pensar si dicha diferencia no obedece a una infravaloración (en un volumen equivalente) de las extracciones por bombeo tomadas como punto de partida en el modelo realizado en 1992, siendo en realidad prácticamente inexistente, o de muy reducida magnitud, la transferencia lateral de recursos hacia el acuífero de Pego-Denia.

Considerado el problema a la inversa, y partiendo siempre de la veracidad de los datos, podría ocurrir que el drenaje de las surgencias obtenido para periodos anteriores al año 1988, asimiladas por nosotros a un régimen no influenciado, no corresponda realmente a dicha situación, sino a otra en la que existirían unas extracciones en el acuífero de un orden de magnitud similar a la diferencia hallada.

De cualquier forma, los dos razonamientos expuestos llevan a establecer la existencia de un mayor volumen de bombeo al considerado en ambos casos, con la salvedad de que el segundo implicaría necesariamente incrementar los recursos del sistema en unos 5 hm³/año, hecho que en principio, y según la información disponible, se aleja de la alimentación natural calculada a partir de la infiltración de agua de lluvia sobre la superficie permeable del acuífero. Todo conduce a pensar, por tanto, que la transferencia lateral de recursos hacia otras unidades es de muy escasa entidad y sólo puede darse puntualmente en periodos muy húmedos y con precipitaciones abundantes.

Por último, conviene mencionar también que dentro de los trabajos llevados a cabo en el “Proyecto para el establecimiento de las Normas de Explotación de los Acuíferos en la Zona de Gandía-Denia y Cabecera del Vinalopó”, elaborado por el IGME en 1986, se diseñó un modelo matemático conjunto de los acuíferos de Mediodía y Almudaina-Alfaro-Segaria (considerados en aquellos momentos como un solo acuífero), que establecía en 9,1 hm³/año el volumen de las descargas del total de surgencias localizadas en el borde sur de la sierra de Mediodía para el periodo 1978 a 1983. Si se tiene en cuenta que dicho lapso temporal coincidió con una época muy seca, especialmente los años 1982 y 1983, este dato vendría a confirmar las conclusiones que se acaban de exponer.

Sin perjuicio de los resultados que se obtengan por la segunda fase del presente estudio, en la que se profundizará en el funcionamiento de este acuífero, y teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, así como mediante la utilización de datos actualizados de bombeos, se puede establecer el siguiente balance hídrico del acuífero para el año medio, basado esencialmente en los resultados arrojados por el modelo realizado en 1992:

<u>Entradas:</u>	
Infiltración de lluvia	10,24 hm ³ /año
Infiltración cauce río Ebo y e Isbert	4,15 hm ³ /año
Total	14,39 hm ³ /año

<u>Salidas</u>	
Bombeos urbanos	3,72 hm ³ /año
Bombeos agrícolas	3,13 hm ³ /año
Drenaje de manantiales de Sagra	0,76 hm ³ /año
Drenaje de manantiales de Cava y Bolata	5,25 hm ³ /año
Salidas a la Plana de Pego-Denia (o bombeos adicionales)	1,53 hm ³ /año
Total	14,39 hm ³ /año

En este balance se deja abierta la posibilidad de que las salidas al aluvial del Girona correspondan en realidad a bombeos ocultos o no controlados llevados a cabo en el sistema, hecho bastante probable y que, como se ha comentado, será estudiado con detalle en la segunda fase de este proyecto de investigación.

Los recursos medios del acuífero estarían, en cualquier caso, en torno a los 14,4 hm³/año, cifra muy similar a la referida en el "Mapa del Agua de la Provincia de Alicante" editado en 1992 por la DPA con la colaboración del ITGE, que la establece en 15 hm³/año.

17.6 Análisis del uso del agua

En este acuífero el agua subterránea utilizada es de 11 hm³/año, que se emplea para usos agrícolas y, en menor proporción, para abastecimientos urbanos. Su captación se realiza tanto por medio de bombeo en pozos y sondeos como por el aprovechamiento de los

manantiales de Sagra y de la Cava de Ráfol, también regulados en parte por sondeos en los últimos años.

El volumen empleado para riego asciende a un total de 7,28 hm³/año, de los que 3,13 hm³/año corresponden a las extracciones por bombeos y los restantes 4,15 hm³/año son detraídos fundamentalmente de los manantiales mencionados.

Respecto al consumo humano, son varios los núcleos urbanos abastecidos con agua subterránea, procedente en todos los casos de sondeos, si bien en su mayoría presentan una población inferior a 500 habitantes, entre los que se encuentran Sagra, Tormos y Ráfol de Almunia. La excepción la constituye la localidad de Calpe, gran parte de cuyo abastecimiento de agua potable se realiza a partir de las captaciones que tiene en el barranco del Infierno (3,38 hm³/año), situadas en el municipio de Vall de Laguart. El total del volumen utilizado para estos fines en 2000 fue de 3,72 hm³/año.

17.7 Hidroquímica

Los datos hidroquímicos disponibles (exclusivamente del sector oriental del acuífero en la zona de contacto con el acuífero de la Plana de Pego-Denia), indican que las aguas corresponden a facies bicarbonatadas cálcicas, manteniéndose su composición estable a lo largo del tiempo. Presentan concentraciones muy bajas de sulfatos y cloruros, normalmente inferiores a 40 mg/L, y conductividades que no suelen superar los 400 μS/cm. Tampoco se aprecian problemas de contaminación por nitratos, con concentraciones casi siempre inferiores a 20 mg/L, por lo que en general se trata de aguas de buena calidad.

18. ACUÍFERO DE ALMUDAINA-ALFARO-SEGARIA

Como ya se ha comentado en el capítulo anterior, los primeros trabajos realizados englobaban dentro de un mismo sistema a este acuífero y al de la sierra del Mediodía, pero investigaciones llevadas a cabo en la primera mitad de los años noventa determinaron que esta última funcionaba de manera independiente.

También, en un principio, dentro de este mismo sistema se distinguieron dos sectores, Almudaina-Alfaro y Segaria, pero con conexión hidráulica entre ambos, aunque restringida, por lo que finalmente se han considerado conjuntamente para su estudio bajo el nombre de acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria.

18.1. Características litológicas y geométricas

El acuífero tiene forma alargada, de unos 35 km de longitud y 5 km de anchura media, salvo en la subunidad de Segaria donde es del orden de la mitad. Ocupa una extensión superficial de 190 km², de los que aproximadamente 140 km² corresponden a afloramientos de material permeable.

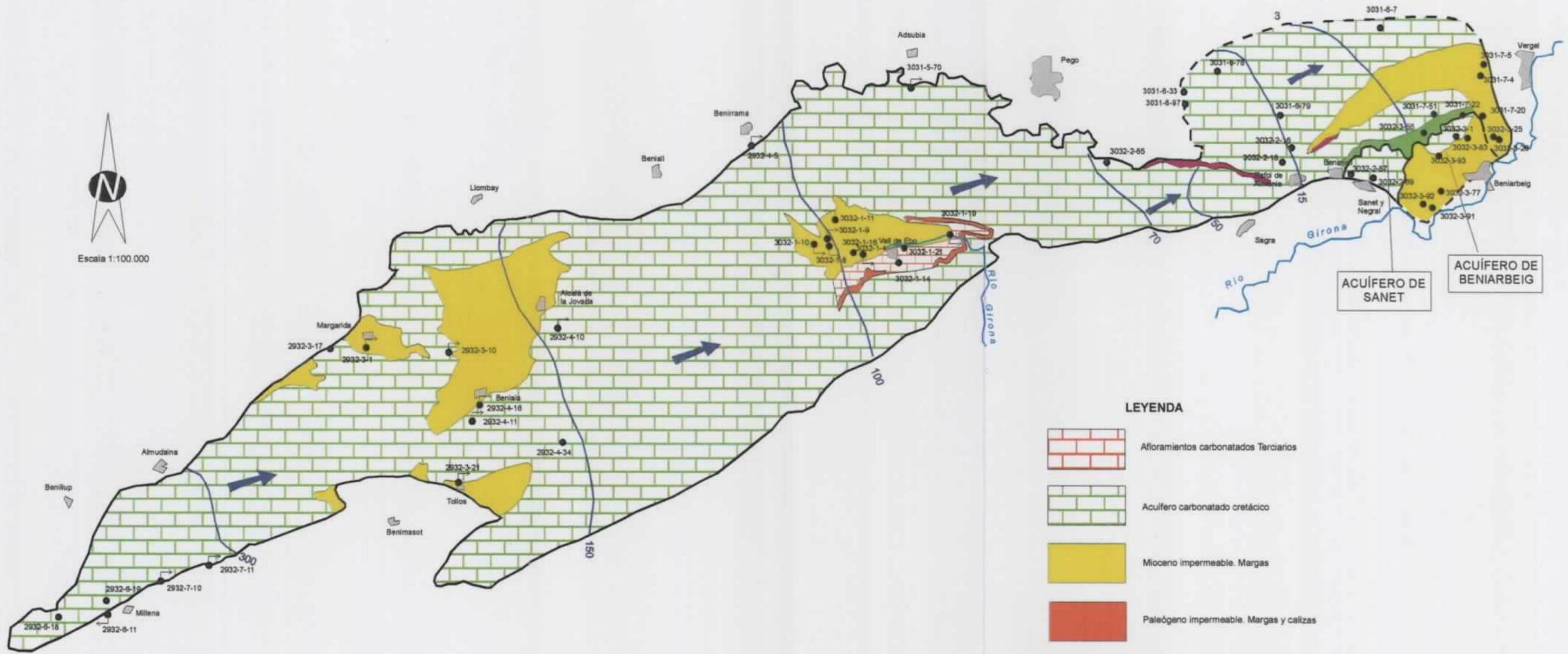
La formación acuífera principal está constituida por unos cuatrocientos metros de calizas y dolomías del Cretácico superior, siendo de menor importancia los materiales carbonatados con intercalaciones margosas del Aptiense-Albiense (250 m), así como las calizas del Eoceno y las areniscas, conglomerados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

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.

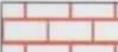
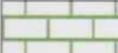
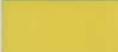
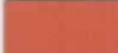
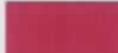
ACUÍFERO ALMUDAINA-ALFARO - SEGARIA



Escala 1:100.000



LEYENDA

-  Afloramientos carbonatados Terciarios
-  Acuífero carbonatado cretácico
-  Mioceno impermeable. Margas
-  Paleógeno impermeable. Margas y calizas
-  Impermeable de base Neocomiense Margas, margocalizas y calizas
-  Afloramientos o subafloramientos de Keuper
-  Límite abierto
-  Límite cerrado
-  Sondeo. Manantial
-  Isopieza (m s.n.m.)
-  Flujo subterráneo

El muro del sistema hidrogeológico lo definen las margas y margocalizas del Barremiense, mientras que el techo está constituido por los materiales margosos en facies 'tap" en aquellos sectores en los que están presentes.

Como se ha comentado, en un principio se supuso que podían diferenciarse dentro del acuífero dos sectores, el occidental (Almudaina-Alfaro-Mediodía, del que más tarde se segregó el de Mediodía) y el oriental (Segaria), desconectados hidráulicamente entre sí por medio de 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, ha sido necesario admitir un cierto grado de conexión hidráulica entre ambos sectores acuíferos en el área comprendida entre Benimeli y el norte de Sagra, pues en las modelaciones obtenidas en los diversos trabajos realizados sin la existencia de esta interconexión se produce, respectivamente, un vaciado el sector de Segaria y un llenado en Almudaina-Alfaro que no se corresponde con la realidad.



Subunidad de la sierra de Segaria

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

El límite meridional, lo constituye 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 Triás 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 a causa del gran espesor de margas en facies "tap" o bien por la presencia bajo ellas de materiales impermeables pertenecientes al Oligoceno.

18.2. Características hidrodinámicas

Los datos de ensayos de bombeo disponibles para determinar los parámetros hidráulicos del acuífero son muy escasos, por lo que en el modelo realizado en 1986 se estimó inicialmente para la totalidad del mismo una permeabilidad de 1 m/día y coeficiente de almacenamiento del 1%.

De acuerdo con el espesor saturado de las formaciones permeables, las transmisividades que se calcularon inicialmente estaban comprendidas entre 200 y 400 m²/día en el sector de Segaria, mientras que en el sector de Almudaina-Alfaro oscilaban generalmente entre 200 y 500 m²/día, localizándose los mínimos (50-150 m²/día) en el sector suroccidental del acuífero.

Las transmisividades finales, obtenidas al ajustar el modelo, varían considerablemente de unos sectores a otros. Así, en la mayor parte de la zona occidental de Almudaina-Alfaro, están comprendidas 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.

En la subunidad de Segaria las transmisividades están comprendidas entre 1.000 y 5.000 m²/día, con valor medio de 2.000 a 3.000 m²/día, disminuyendo fuertemente en su sector más occidental (S y E de Pegó) donde adquiere valores entre 100 y 200 m²/día.

El coeficiente de almacenamiento estimado es del 1% en la casi totalidad del acuífero, excepto en el sector más occidental de Segaria (0,5%) y en áreas muy reducidas y localizadas en las que, por necesidades de simulación, ha sido superior (entre el 7 y el 15%)

18.3 Características piezométricas

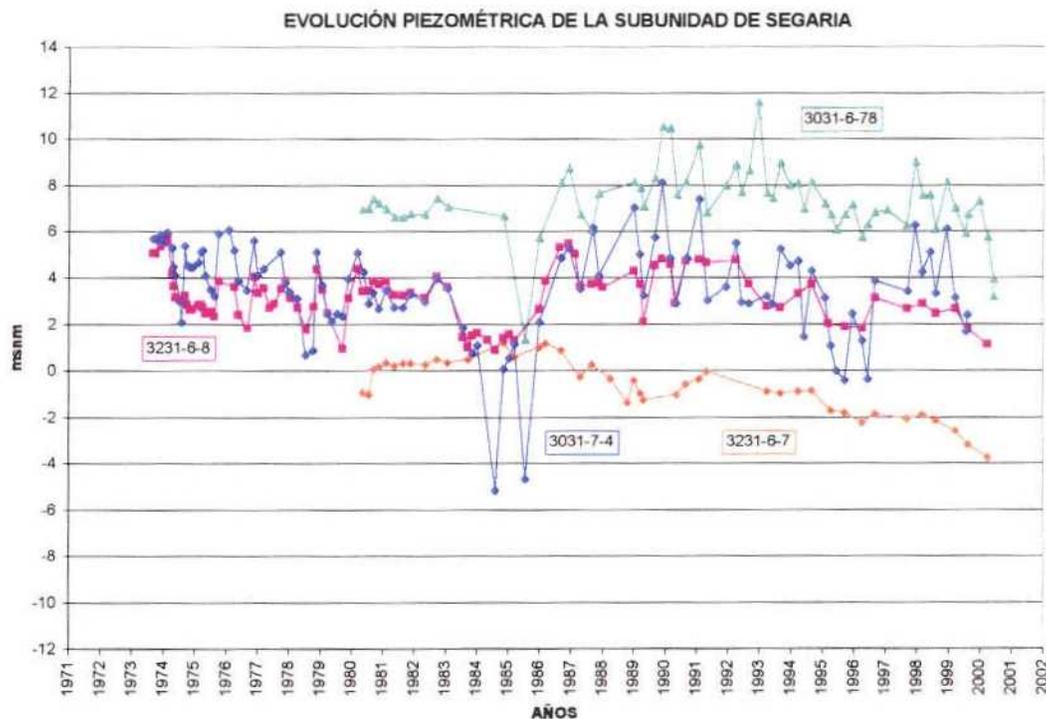
La cota de la superficie piezométrica sólo se conoce en puntos muy determinados. En la subunidad de Almudaina-Alfaro varía desde valores próximos a los 220 a 270 m s.n.m (si bien se pueden ser superiores en años excepcionalmente lluviosos) en su sector más occidental, es decir entre Margarida y Millena, y valores cercanos a los 60 a 70 m s.n.m. al sur de Pegó.

En la divisoria que separa las dos subunidades se produce un salto piezométrico que hace descender los niveles hasta cotas situadas entre los 15 metros y el nivel del mar, alcanzando valores negativos en ciertas épocas en el extremo oriental del sector de Segaria.

La evolución piezométrica de la capa únicamente se conoce en el sector oriental, pues en el resto del acuífero se carece prácticamente de datos ya que son sólo tres o cuatro los sondeos que captan el nivel regional (en Tollos, en Vall d'Ebo y posiblemente en los

sondeos de Barbapeliroja en Margarida y el situado junto a la depuradora en Millena), encontrándose el agua a gran profundidad. En el caso del sondeo realizado recientemente en Vall d'Ebo por la Diputación de Alicante, la cota del nivel saturado se localiza entorno a los 85 m s.n.m., mientras que en sondeo de Tollos se encuentra cercano a los 150 m s.n.m., lo que en este último caso implica profundidades de más de 530 metros.

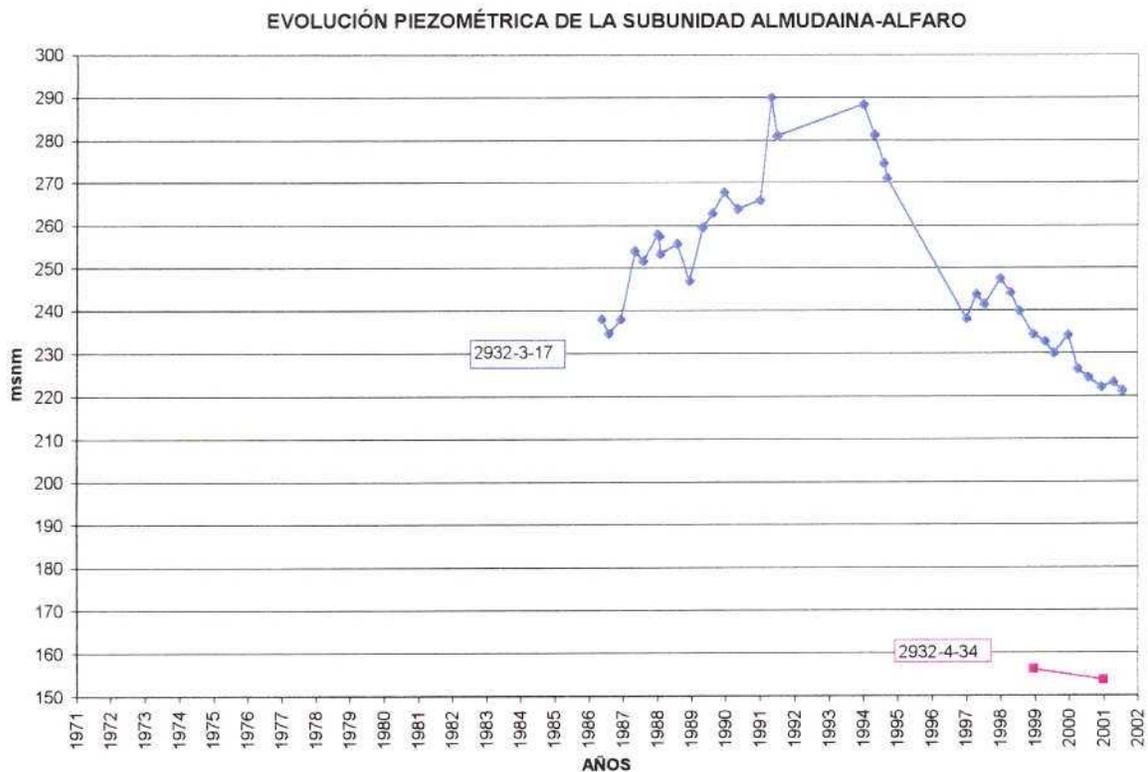
Por otra parte, existen también acuíferos de pequeña entidad o niveles colgados de agua a lo largo de la unidad sin relación con la verdadera posición de la superficie piezométrica regional, como son el acuífero de Millena-Benimasot y las estructuras de Margarida y de Vall de Alcalá, de las que se abastecen ambos municipios.



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 en la subunidad de Segaria se produce prácticamente el colapso de la misma, llegando a

situarse la superficie piezométrica de casi todo este acuífero bajo el nivel del mar, y alcanzando los -5 m s.n.m (años 1984 y 1985) en algún punto concreto (3031-7-4). Los periodos húmedos hacen que los niveles vuelvan a recuperarse hasta sus cotas habituales.

Las oscilaciones anuales son muy importantes en esta zona, del orden de 4 a 6 metros en la subunidad de Segaria, y de hasta 16 a 18 metros en la subunidad de Almudaina-Alfaro, así como en el límite ente ambas (punto 3032-2-18). En zonas más occidentales las oscilaciones interanuales son mucho más amplias y pueden llegar a ser de hasta 50 metros (sector de Margarida), si bien en este sector existe cierta indeterminación en la asignación del sondeo de Barbapelirroja a este acuífero, sin descartarse totalmente que pudiera pertenecer al de Albuerca-Gallinera-Mustalla.



18.4 Funcionamiento hidráulico

La circulación del agua subterránea se realiza 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 detecta un incremento del mismo que llega a ser del 2,5%, para pasar de nuevo hacia el este a valores mucho más bajos.

La alimentación del acuífero procede de la infiltración del agua de lluvia y de la infiltración de los excedentes de riego, fundamentalmente cítricos, realizado sobre materiales permeables, mientras que la descarga del sistema tiene lugar por bombeos para usos urbanos, agrícolas e industriales, así como por manantiales (balsa Sineu y drenaje del río Racóns) y por salidas laterales subterráneas a la marjalería de Pego-Oliva.



La zona de Vall de Ebo, en la que existen aparatos de desarrollo kárstico, presenta unas favorables condiciones para la recarga del acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria

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

18.5 Balance hídrico

Al igual que en las restantes unidades, son varios los estudios e informes realizados a lo largo del tiempo. De todos ellos destacan los trabajos llevados a cabo dentro del “Proyecto para el establecimiento de las Normas de Explotación de los Acuíferos en la Zona de Gandía-Denia y Cabecera del Vinalopó”, elaborado por el IGME en 1986.

En dicho informe el balance obtenido mediante un modelo de flujo en régimen transitorio, que incluía también al acuífero de la sierra del Mediodía, para el periodo 1978-1983, permitió asignar unas entradas medias al sistema de 40,8 hm³/año, de las que 40,2 hm³/año corresponden a infiltración del agua de lluvia y los restantes 0,6 hm³/año al retorno de riegos.

Las salidas se establecían por el drenaje de los manantiales de la sierra de Mediodía con un volumen de 9,1 hm³/año, mediante extracciones por bombeos de 7,7 hm³/año, salidas laterales a través de sus bordes oriental y meridional hacia el acuífero detrítico de la Plana de Gandía-Denia de 6,3 hm³/año, y aportaciones a la marjalería de Oliva-Pego, principalmente por la balsa Sineu y Racons de 22,8 hm³/año, volumen dado con ciertas reservas, estableciéndose una variación del almacenamiento en dicho periodo de -5,1 hm³/año achacable a un reajuste del sistema por las escasas precipitaciones de los años 1982 y 1983.

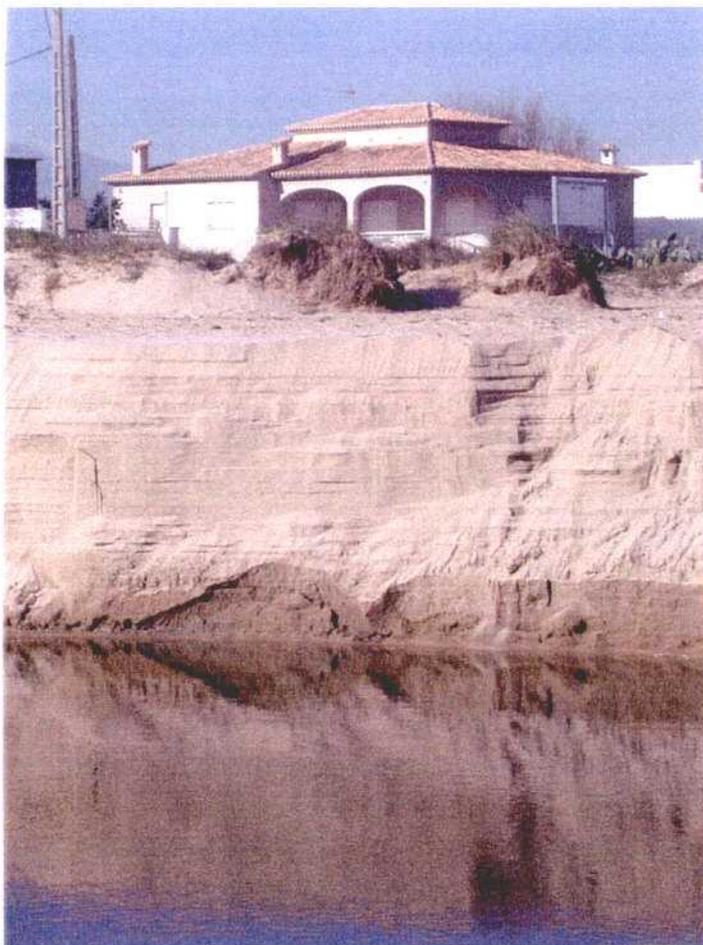
Desde entonces no se ha realizado ningún otro estudio, persistiendo las dudas sobre la representatividad de los datos obtenidos de las descargas del acuífero hacia la balsa Sineu y el río Racons. Por este motivo en los trabajos llevados a cabo para la realización del presente informe se ha procedido al análisis de la serie temporal de datos de aforos de la estación de control E-22, situada en el cauce de dicho río en su cruce con la carretera nacional, cuyos resultados arrojan un volumen total drenado en este punto de 35,34 hm³/año, cifra que incluye recursos superficiales y subterráneos, así como aportes de procedencia marina y los caudales provenientes del drenaje de la finca del Rosario, estimados en 14 hm³/año.



La balsa de Sineu, en el centro abajo, principal punto de drenaje del acuífero, junto al cauce modificado del río Racóns

Sin embargo, el estudio realizado ha puesto de manifiesto la dificultad de ajustar una curva de gastos suficientemente representativa para dicha estación, hecho que es debido a diversas razones, tales como la posible influencia de las mareas, la fuerte modificación de las condiciones naturales por actuaciones humanas y, fundamentalmente, la formación de barras arenosas litorales originadas por los temporales de levante. Este hecho ha

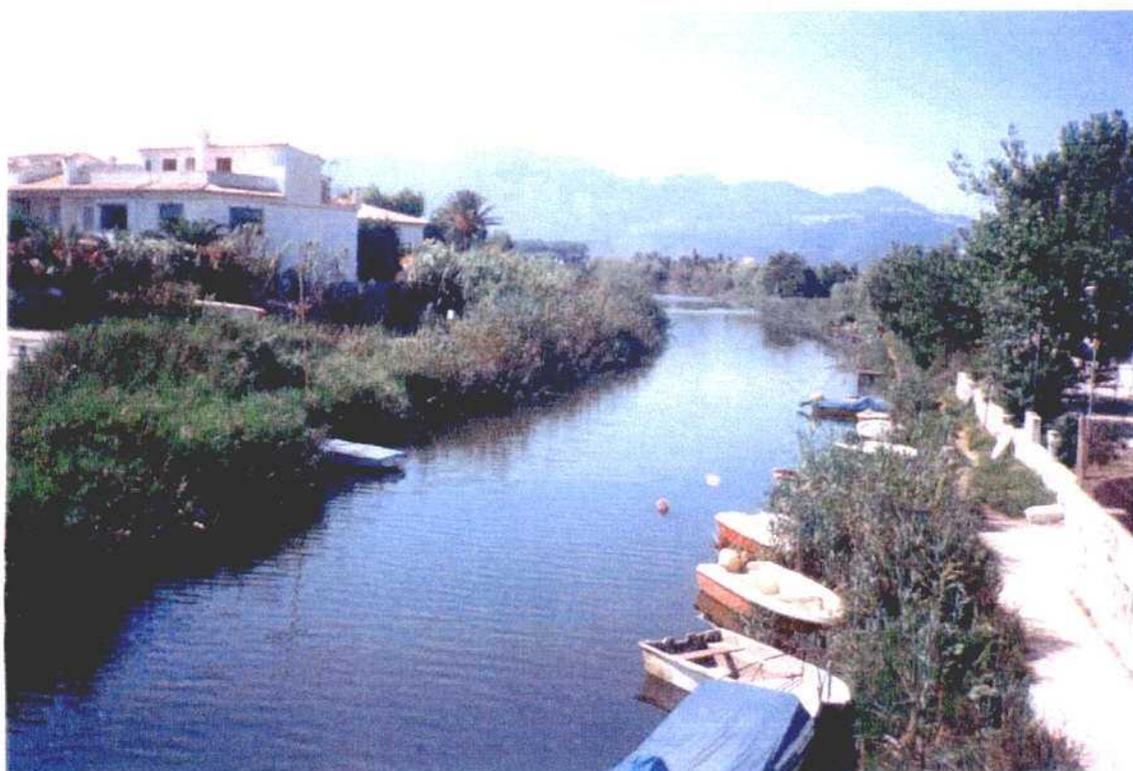
podido ser verificado durante la ejecución del proyecto como consecuencia de las fuertes tormentas que tuvieron lugar a mediados del mes de noviembre del año 2001, momento en el que la arena llegó a taponar totalmente las salidas del río Molinell (unión de los ríos Racons y Barranquet), alcanzando la barra litoral una altura superior a los 2 metros de altura, tal y como puede verse en las fotos expuestas. Por esta circunstancia el ayuntamiento de Oliva tuvo que proceder a abrir la salida al mar del río mediante máquinas excavadoras, con objeto de evitar la inundación de las viviendas cercanas a la marjal. Conviene recordar que una gran parte de ésta se encuentra entre uno y dos metros sobre el nivel del mar.



Corte transversal de la barra arenosa formada en la desembocadura del río Molinell por el temporal de mediados de noviembre de 2001. La foto está tomada días después de ser abierto el río por máquinas excavadoras

Como puede deducirse, el efecto de las mareas, que tienen una amplitud de unos 20 cm en el mar Mediterráneo, considerado hasta ahora como la causa que afectaba a las medidas tomadas en la estación de control, no deja de ser un hecho anecdótico comparado con el causado por la formación de las barras arenosas litorales.

A la distorsión de las medidas contribuye también la existencia de aportes irregulares procedentes del drenaje de la marjalería y sobre todo de la finca del Rosario, así como las actuaciones llevadas a cabo sobre el medio hídrico para el cultivo del arroz. Por todo lo



Vista de la desembocadura del río Molinell en julio de 1997, desde el puente que lo cruza en dicho punto



Vista del mismo lugar, pero en sentido contrario, en noviembre de 2001. En esta se aprecia cómo la barra arenosa litoral ha obstruido totalmente la salida de agua de la marjal, que como se ha visto en la figura de la página anterior alcanza una altura de más de dos metros.

expuesto las salidas de esta unidad al río Racons no se han podido determinar con la precisión que sería necesaria, aunque tal y como se ha visto en el párrafo anterior se ha establecido una cifra aproximada.

Por otra parte, un informe realizado por IGME en 1981, que analizó las descargas de este río en el periodo 1977/78-1980/81, estableció su caudal en $42,21 \text{ hm}^3/\text{año}$, mientras que A. Pulido en su tesis doctoral las evalúa en $49,87 \text{ hm}^3/\text{año}$ para el periodo 1973/74-1975/76, años con una pluviometría algo mayor que en el caso anterior.

La determinación del balance de este sistema acuífero se ha basado en el referido modelo llevado a cabo en 1986, al que se han deducido los volúmenes de entradas y salidas pertenecientes al acuífero de la sierra de Mediodía, expuestos en su correspondiente capítulo, y actualizado las extracciones por bombeos. Con las condiciones indicadas la

estimación del balance del acuífero de Almodaina-Alfaro-Segaria (periodo 1978-1983), quedaría, por tanto, como sigue:

<u>Entradas:</u>	
Infiltración de lluvia	25,8 hm ³ /año
Infiltración de regadíos	0,6 hm ³ /año
Total	26,4 hm ³ /año

<u>Salidas:</u>	
Bombeos urbanos	0,3 hm ³ /año
Bombeos agrícolas	2,4 hm ³ /año
Drenaje a la marjalería, río Racóns y balsa de Sineu	23,7 hm ³ /año
Total	26,4 hm ³ /año

Como se puede ver, los recursos medios del acuífero estarían en torno a los 26,4 hm³/año, cifra muy próxima a la referida en el "Mapa del Agua de la Provincia de Alicante" (25 hm³/año), en donde se considera que existe un aprovechamiento del sistema estimado en 5 hm³/año.

18.6 Análisis del uso del agua

El total del agua subterránea aprovechada en el acuífero asciende a 13,53 hm³/año, de los que 9,40 hm³/año se emplean para usos agrícolas y, en cuantía sensiblemente inferior, 4,13 hm³/año, para abastecimientos urbanos e industriales.

La captación se realiza por medio de bombeo en pozos y sondeos, así como por aprovechamiento de pequeños manantiales repartidos por todo el acuífero, la mayoría de ellos con caudales reducidos y ligados a acuíferos desconectados del nivel principal. La excepción a todo esto es el aprovechamiento que se hace de los caudales fluyentes del río Racons o Molinell, principal elemento de drenaje de la unidad, para el abastecimiento de Denia, previo tratamiento en planta potabilizadora, con un volumen cercano a los 3,83 hm³/año (año 1998).

Por otra parte, son numerosos los núcleos urbanos abastecidos con agua subterránea, si bien la mayoría de ellos presentan población inferior a 500 habitantes, entre los más importantes figuran Vall de Alcalá, Vall de Ebo y Almudaina. Las poblaciones de Cuatretondeta, Millena, Balones, Tollos, Gorga y Benimasot se abastecen a partir del acuífero de Millena-Benimasot, que se trata de una estructura hidrogeológica colgada sobre el acuífero principal, y las de Beniarbeig y Sanet lo hacen a partir de sus respectivos acuíferos.

De lo comentado en las líneas precedentes se deduce que del total aprovechado para uso urbano, 0,3 hm³/año corresponden a la explotación de pozos y sondeos y los restantes 3,83 hm³/año al aprovechamiento de manantiales (río Molinell).

En cuanto al uso agrícola, estimado en 9,4 hm³/año, 2,4 hm³/año corresponden a bombeos y los restantes 7 hm³/año proceden del aprovechamiento de las surgencias del sistema hacia la marjal de Oliva-Pego utilizadas para el cultivo del arroz.

Por otra parte, el drenaje de la finca del Rosario (13 a 14 hm³/año) compuesto por aguas con elevada salinidad, es vertido al río Racons sin mayor aprovechamiento, deteriorando la calidad de los recursos circulantes por éste.



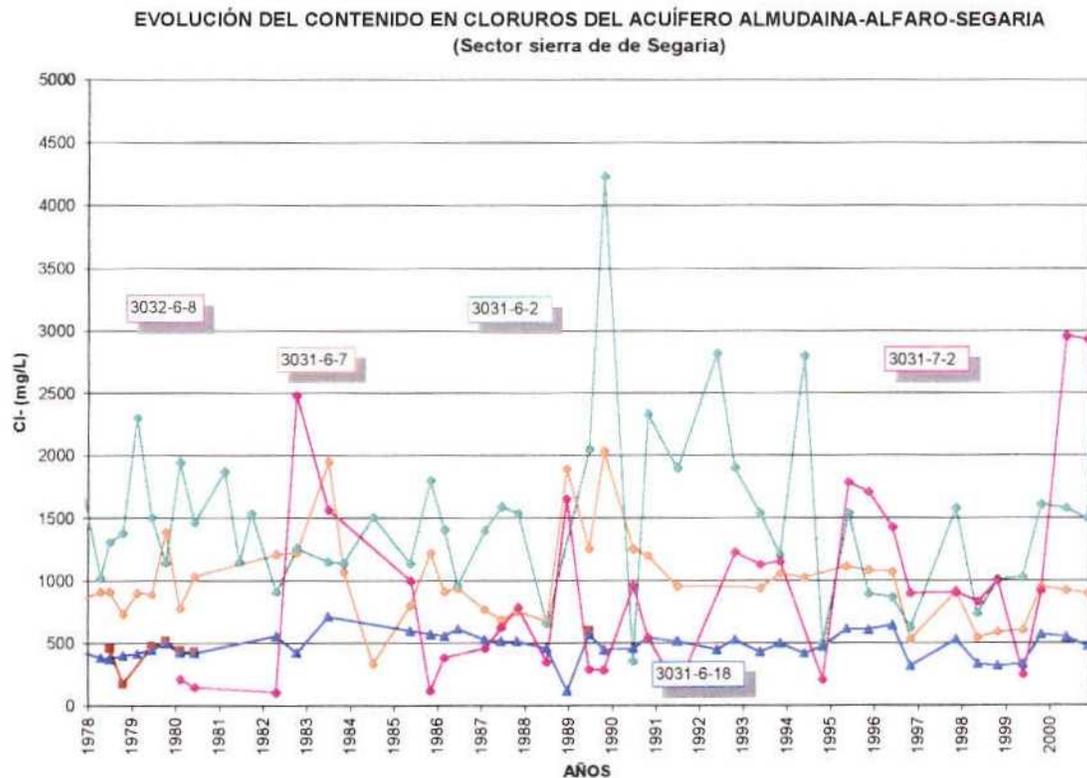
Estación de control hidrométrico (E-22) en el río Racons o Molinell, poco antes de la estación potabilizadora de Denia.

18.7 Hidroquímica

Las características hidroquímicas del acuífero indican la existencia de dos tipos de aguas: las correspondientes a la subunidad Almudaina-Alfaro, en la que se incluyen las estructuras de Sanet y Beniarbeig, y las de Segaria en las proximidades de la marjalería de Pego. Las primeras son de tipo bicarbonatado cálcico, con una salinidad inferior a 300 mg/L, siendo por lo general aptas para el consumo. Su clasificación como aguas para riego es del tipo C_2S_1 , según las normas Riverside, que corresponden a aguas de salinidad media, con riesgo medio de salinización del suelo, y bajo riesgo de alcalinización, debido a su bajo índice SAR.

Con respecto a las aguas de la subunidad de Segaria en las proximidades de la marjalería de Pego, los datos existentes muestran la presencia de aguas cloruradas sódicas, haciéndose más cálcicas hacia la alineación diapírica de Rafol de Almunia, con un

contenido en 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 en cloruros, sulfatos, calcio y nitratos. Según las normas Riverside se clasifican en los grupos C₃S₁ con alta peligrosidad de salinización del suelo y bajo peligro de alcalinidad, C₄S₂ con peligro muy alto de salinización del suelo y medio de alcalinización, y C₄S₃ con riesgo muy alto de salinización y alto de alcalinización.



Las aguas de este último sector se hacen progresivamente más salinas según se progresa hacia el este, alcanzando en la finca del Rosario, ya en la propia marjal, conductividades superiores a 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo que su vertido al río Racons provoca un importante deterioro de los recursos, que tienen que ser tratados y potabilizados para abastecer a la población de Denia.

19. ACUIFERO DE ALBUERCA-GALLINERA-MUSTALLA

19.1. Características litológicas y geométricas

El acuífero tiene forma alargada con una longitud de 29 km y una anchura media de 5,7 km, con lo que alcanza una extensión superficial de 165 km², de los cuales 140 km² corresponden a afloramientos de materiales permeables.

Las formaciones acuíferas están constituidas por las calizas, calizas dolomitizadas y dolomías del periodo 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 viene 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, con espesores de 15 a 20 metros en la depresión de Salem, y en los bordes de la fosa Beniarrés-Lorcha, donde por geofísica eléctrica resistiva se han detectado espesores de hasta 240 metros.

El límite septentrional es de carácter impermeable entre Salem y sur de Oliva, debido a la presencia de arcillas y margas pertenecientes a la facies Keuper y a los sedimentos margosos del Neocomiense-Barremiense. En la terminación oriental del acuífero (sierra de Mustalla) el límite es abierto ya que en este sector el acuífero contacta con los depósitos detríticos cuaternarios de la plana de Pego-Denia. El límite con el acuífero jurásico de Ador es cerrado por aflorar a lo largo de casi toda su longitud el impermeable de base del sistema que, como se ha dicho, corresponde a las margas del

Neocomiense-Barremiense. En el entorno de la intersección de este límite con el río Serpis no afloran estas margas, aunque por la disposición geoestructural de las mismas en sectores próximos se deduce que se sitúan a muy poca profundidad, restringiendo en gran medida la comunicación hidráulica en este sector que, aún en el caso de existir, sería de muy poca entidad. El hecho lo confirma la diferente piezometría existente a ambos lados de dicho límite y la presencia de las margas del Neocomiense-Barremiense en algunas perforaciones realizadas.



Límite meridional del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla en el sector de la sierra de Mustalla, donde existe conexión hídrica con la marjal de Pego-Oliva

El límite meridional es cerrado a consecuencia de la falla inversa que se extiende a lo largo de Vall de Gallinera y que pone en contacto al acuífero, situado inmediatamente al sur, con las margas en facies "Tap". El extremo oriental de este borde es abierto y viene definido por el contacto con la marjal de Pego-Oliva.

El límite occidental es de carácter cerrado al sur de Beniarrés, como consecuencia de las extrusiones de Keuper ligadas a la fractura existente en este sector. Esta estructura ha dado lugar a un aumento de espesor del Tap constituyendo así un límite impermeable del sistema. Al norte de dicha localidad y hasta el contacto mecánico entre el Aptiense-Albiense y el Tap, aunque existe un afloramiento de Keuper en el extremo oriental de la sierra de Benicadell, se considera que el borde es permeable permitiendo la conexión hidráulica con el acuífero de Solana-Benicadell.

Por último, el límite oriental es también abierto existiendo conexión hidráulica con los sedimentos detríticos de la marjal de Pego-Oliva y la plana de Pego-Denia.

19.2 Características hidrodinámicas

Los datos disponibles de las características hidrodinámicas de este acuífero proceden de los ensayos de bombeo realizados en los sondeos situados en el sector occidental de la sierra de Mustalla, en las inmediaciones de Salem y de los tres existentes en Lorcha (Lorcha I, II y III). Aparte de esta información se cuenta con los dos trabajos de modelización del acuífero realizados en los años 1986 y 1988 respectivamente, que indican la presencia de transmisividades comprendidas entre 3.000 y 4.000 m²/día en sierra de Mustalla, mientras que en el resto del acuífero la media sería de 500 m²/día, obteniéndose valores mínimos en las zonas de borde con 100 m²/día.

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, según los resultados obtenidos del modelo matemático realizado en el “Estudio de la posible incidencia de la explotación del Sistema Hidrogeológico Albuera-Gallinera-Mustalla” llevado a cabo por el IGME en el año 1988.

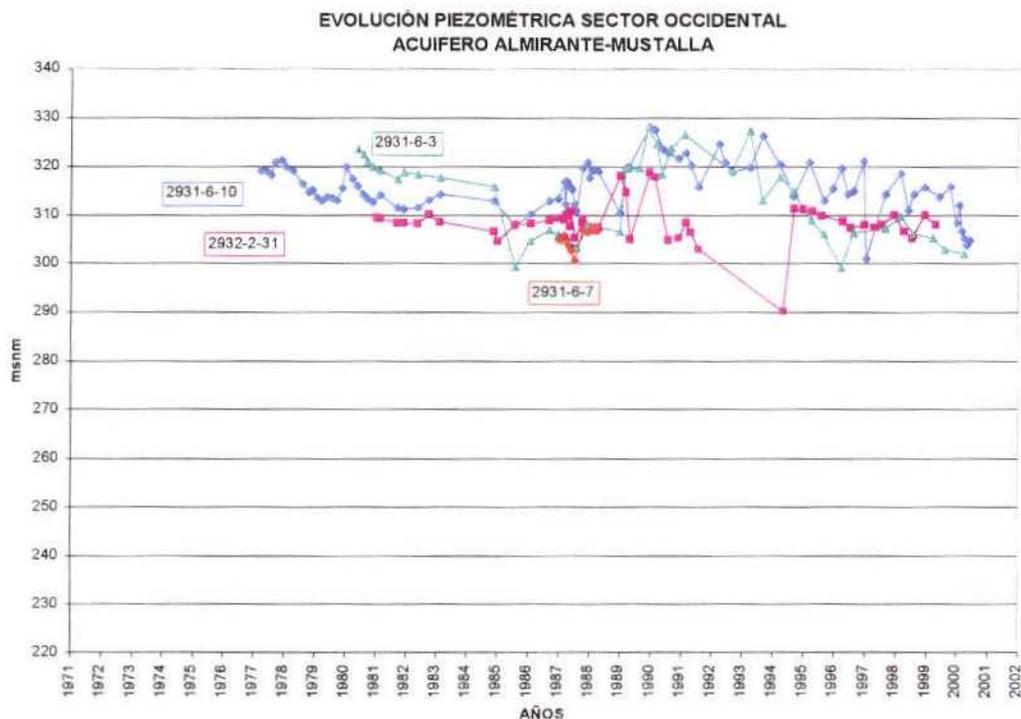
El coeficiente de almacenamiento, obtenido igualmente de dicho modelo, oscila entre el 1 y el 10% en la mitad occidental, siendo los valores más usuales del 3%. En la mitad oriental los coeficientes de almacenamiento varían entre el 10 y el 30%, magnitudes excesivas y que no deben de ajustarse con la realidad, pero que debieron de tomarse para el ajuste del mismo.

Del modelo matemático se deduce también la existencia de dos barreras de baja transmisividad, mas o menos equidistantes entre sí, que dividen transversalmente al sistema en tres partes.

19.3 Características piezométricas. Evolución

La superficie piezométrica del acuífero varía entre los 350 m s.n.m. y cotas muy próximas al nivel del mar, observándose, en general, oscilaciones de variables a moderadas según diferentes zonas. En este sentido se pueden identificar varios sectores:

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 entre máximos y mínimos de 30 metros (punto 2932-2-31). Estas moderadas oscilaciones, tratándose de una zona de recarga, son debidas por una parte a la buena alimentación lateral procedente del acuífero adyacente de Solana-Benicadell y, por otra, al nivel de drenaje definido en esta zona por el cauce del río Serpis.



Hacia Lorcha la piezometría desciende hasta cotas situadas alrededor de los 250 m s.n.m. y conserva las mismas características mencionadas en el párrafo anterior, mientras que en el sector de Vall de Gallinera se observa una gran amplitud en la situación estacional del nivel del agua que puede alcanzar los 30 metros en el sondeo de control 2932-4-14 (incluso es posible que pueda ser de hasta 50 metros, pero existen ciertas dudas sobre si este hecho es debido a afección por bombeos), con diferencias hiperanuales que han llegado a ser de 93 en ese mismo punto (161 m s.n.m. en 1985 y 254 m s.n.m. en 1989).

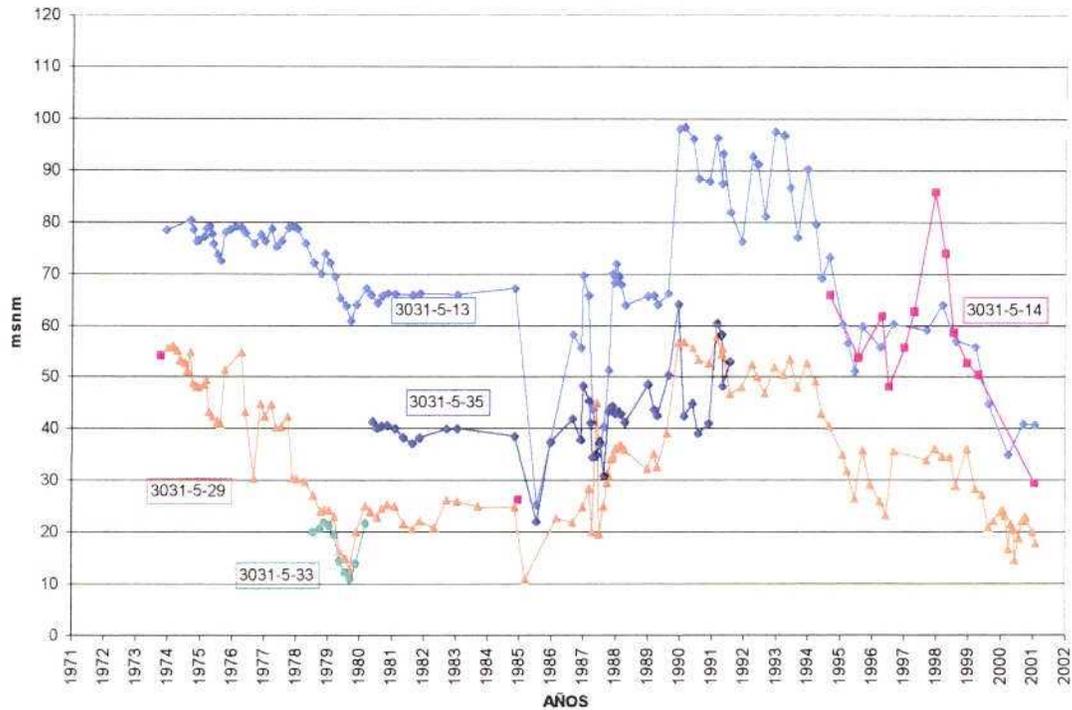
En los alrededores de Villalonga los niveles se localizan normalmente en torno a los 140 m s.n.m., con máximos históricos en los puntos de control algo por debajo de los 150 m s.n.m. y mínimos de 120 m s.n.m. (piezómetro 2931-8-21 en 1985). Las oscilaciones estacionales son muy moderadas y no suelen sobrepasar los 5 metros.

Por el contrario, en la zona oriental del acuífero, con cotas piezométricas cercanas a los 30-40 m s.n.m. (piezómetro 3031-5-35), se tienen oscilaciones que llegan a alcanzar los 20 metros, siendo habituales valores próximos a 10 metros a pesar de tratarse de una zona de descarga. Es destacar que la amplitud de estas oscilaciones es mayor desde principio de los años ochenta, momento en el que comienza explotarse de forma más intensa el acuífero. La evolución histórica en este sector es también mucho más variable que en el anterior, con cotas máximas entre los 60 y 100 m s.n.m., según los puntos, y mínimas de entre 10 y 20 m s.n.m., con lo que se obtienen diferencias de 50 metros en el piezómetro 3031-5-29 y de hasta 80 metros en el 3031-5-13.

Estas oscilaciones tan importantes pueden ser debidas, por una parte a las intensas extracciones que se realizan en toda esta franja del acuífero y, por otra, a la posible existencia de un umbral provocado por la falla que atraviesa transversalmente todo el acuífero que podría restringir la alimentación de la zona.

En la sierra de Mustalla, que es principal punto de descarga del sistema, la capa se comporta de manera muy estable y se sitúa entre los 4 m s.n.m. y la cota cero, con movimientos estacionales inferiores al metro y diferencias máximas históricas de 2 metros. En el piezómetro 3031-6-9, que puede considerarse como el más representativo, se observan claramente los ciclos climáticos, con descensos progresivos del nivel a lo largo de las épocas secas que son recuperados en los periodos húmedos.

EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA DEL SECTOR ORIENTAL (SIERRA NEGRA)
ACUIFERO ALMIRANTE-MUSTALLA



19.4 Funcionamiento hidráulico

Como se ha comentado, el agua subterránea circula en este acuífero desde cotas ligeramente superiores a los 350 m s.n.m. en los sectores occidentales del mismo, hasta valores muy próximos al nivel del mar en el extremo más oriental de la sierra de Mustalla, lo que supone un gradiente medio del 1,3 %, si bien no se reparte de forma regular. En este sentido los menores gradientes se registran en la zona de descarga de la sierra de Mustalla donde son del 0,4 % y también, aunque sensiblemente superiores, entre el embalse de Beniarrés y Lorcha con el 1,25 %, mientras que los mayores valores se obtienen entre la localidad de Villalonga y sierra Negra donde alcanzan el 2,5 %, lo que implica la existencia de una zona de baja permeabilidad en este sector. En el resto del sistema el gradiente se encuentra en torno al 2 %.

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. Sin embargo, la dirección preferente de circulación general del flujo subterráneo es OSO-ENE en sentido hacia el área principal de drenaje constituida por la plana de Pego-Denia y la sierra de Mustalla, observándose un claro control estructural de la misma ya que se corresponde con la típica directriz de plegamiento de las cordilleras Béticas.

La recarga del acuífero se produce por infiltración del agua de lluvia, entradas laterales subterráneas procedentes del acuífero de Solana-Benicadell y del embalse de Beniarrés y por infiltración de los excedentes de regadío de cultivos situados sobre superficies permeables. Por otro lado, la descarga del sistema tiene lugar a través del drenaje de los ríos Serpis (en el sector occidental) y Bullens (en el oriental), por bombeos para distintos usos y por salidas subterráneas hacia el sector de Oliva de la Unidad Hidrogeológica de la Plana de Gandía-Denia a través del borde septentrional de la sierra de Mustalla. Los volúmenes correspondientes a cada uno de estos conceptos se exponen en el siguiente capítulo.

19.5 Balance hídrico

Son varios los estudios e informes realizados de esta unidad hidrogeológica a lo largo del tiempo, entre ellos resaltan dos trabajos llevados a cabo durante la segunda mitad de los años ochenta, el primero contemplado dentro del “Proyecto para el establecimiento de las Normas de Explotación de los Acuíferos en la Zona de Pego-Denia y Cabecera del Vinalopó”, y el segundo el realizado por este mismo organismo en 1988 específicamente para el estudio de esta unidad, al que ya se ha hecho referencia en el apartado de características hidráulicas.

El balance del acuífero del informe de 1986, establecido para el periodo 1978-1983 mediante un modelo matemático de flujo en régimen transitorio, permitió asignar unas entradas medias al sistema de 57,2 hm³/año, de las que 40,7 hm³/año corresponderían a infiltración del agua de lluvia, 13,7 hm³/año a la alimentación lateral proveniente del acuífero de Solana-Benicadell e infiltraciones del embalse de Beniarrés, y los restantes 2,8 hm³/año al retorno de riegos. Las salidas se verificarían por el drenaje de los ríos Serpis (4,5 hm³/año) y Bullens (33,4 hm³/año), por bombeos estimados en 10 hm³/año y salidas laterales al acuífero detrítico de la Plana de Gandía-Denia (13 hm³/año), estableciéndose una variación del almacenamiento en dicho periodo de -3,7 hm³/año, achacable a un reajuste hídrico del sistema por las escasas precipitaciones registradas en estos años.

El balance del acuífero para el período 1983-1988, obtenido también mediante modelación matemática según el modelo tridimensional de ajuste multicapa SIDKARST realizado en 1988, indica que existen unas entradas medias cifradas en 46,5 hm³/año, de las que la mayor parte corresponde a infiltración de lluvia (32,8 hm³/año), y el resto a infiltración de excedentes de riego y a recarga lateral procedente del acuífero de Solana-Benicadell y del embalse de Beniarrés.

Las salidas medias del período se cifran en 53,4 hm³/año, lo que representa una variación de la reserva del acuífero de -6,8 hm³/año, hecho que es debido principalmente al gran déficit que se produce sólo en el primer año del período analizado debido al pequeño volumen de agua de lluvia infiltrada, consecuencia, en parte, de su escasa pluviometría. No obstante, el valor tan anormalmente bajo que se obtiene en dicho año de la lluvia útil se debe a que el método de Thornawhaite, utilizado para su cálculo en el modelo, da valores de ETP muy elevados lo que implica que para una pluviometría escasa y regularmente distribuida la mayor parte del agua de lluvia se evapotranspira y, en

consecuencia, la infiltración resultante es muy pequeña. En cualquier caso, para los dos años anteriores (1981-82 y 1982-83) en el modelo realizado en 1985 se obtenían también los mínimos de infiltración de lluvia del período simulado, aunque con valores más altos.

Las salidas al río Serpis se cifran en 12,9 hm³/año, valor similar al obtenido mediante la correlación establecida entre los aforos diferenciales realizados en las campañas de medida de la red foronómica desde 1986 y las estaciones de aforos históricas. El resto de las descargas del acuífero se producen principalmente al río Bullens (23,2 hm³/año), por bombeos (10 hm³/año) y salidas al acuífero detrítico de Oliva en el extremo oriental del acuífero (7,3 hm³/año).

Los balances resultantes de los trabajos mencionados quedan expuestos en la siguiente tabla:

	<u>Informe de 1988</u> (Período 1983-1988)	<u>Informe de 1986</u> (Período 1978-1983)
Entradas:		
Infiltración de lluvia	32,8 hm ³ /año	40,7 hm ³ /año
Alimentación lateral	11,1 “	13,7 “
Infiltración de regadíos	2,6 “	2,8
Total	46,5 hm ³ /año	57,2 hm ³ /año
Salidas:		
Salidas a la Plana de Gandía-Denia	7,3 “	13,0 “
Bombeos	10,0 hm ³ /año	10,0 hm ³ /año
Drenaje al río Serpis	12,9 “	4,5 “
Drenaje al río Bullens	23,2 “	33,4 “
Total	53,4 hm ³ /año	60,9 hm ³ /año
Diferencia	- 6,9 hm ³ /año	-3,7 hm ³ /año

Es necesario comentar que en el capítulo de alimentación lateral se incluyen tanto las entradas procedentes del acuífero de Solana-Benicadell como la infiltración del embalse de Beniarrés.

Del cuadro anterior se deduce que los recursos medios del acuífero estarían en torno a los 50 hm³/año, cifra que coincide con la referida en el “Mapa del Agua de la Provincia de Alicante”, en el que se indican también unos aprovechamientos realizados en este sistema de 20 hm³/año.

El estudio de las descargas del río Bullens-Vedat, cuyo análisis detallado se desarrolla en el tomo III de este informe, arroja unos resultados de 62 hm³/año como volumen total de las salidas de este río, que recoge el conjunto de surgencias y manantiales existentes en la sierra de Mustalla, además de las correspondientes a su propia cuenca vertiente. Dicho volumen engloba también a aguas de origen marino, evaluadas en unos 5,1 hm³/año (8% del total) resultantes de aplicar el balance hidroquímico del contenido en cloruros para una salinidad media 1.705 mg/L del caudal fluyente en la estación de control E-21 (descontando la escorrentía estrictamente superficial), de 22 mg/l para las aguas continentales (concentración media del acuífero) y de 20.578 mg/L para el agua marina (concentración del agua de mar en Jávea). Con estos datos se concluye finalmente que sólo 46,9 hm³/año corresponderían a la descarga del acuífero. Este valor es similar al dado por Pulido Bosch en su tesis doctoral que las evalúa en 46,4 hm³/año (periodo 1973/76); sin embargo, los modelos matemáticos realizados arrojan valores más bajos, concretamente el realizado para el periodo más amplio (1978/83) las establece en 33,4 hm³/año, mientras que el realizado para el periodo 1983/88, las cifra en 23,2 hm³/año (si bien ambos periodos coinciden con épocas relativamente secas), con lo que existen diferencias apreciables no suficientemente esclarecidas.

Por otra parte un informe del IGME realizado en 1981 “Control de caudales diarios en fuentes, golas y ríos de la cuenca media y baja del río Júcar. Periodo octubre de 1997 a septiembre de 1981” arrojaba un valor del caudal medio total drenado en dicho lapso temporal por el río Bullens de 50,74 hm³/año y de 21,56 hm³/año por el río Barranquet.

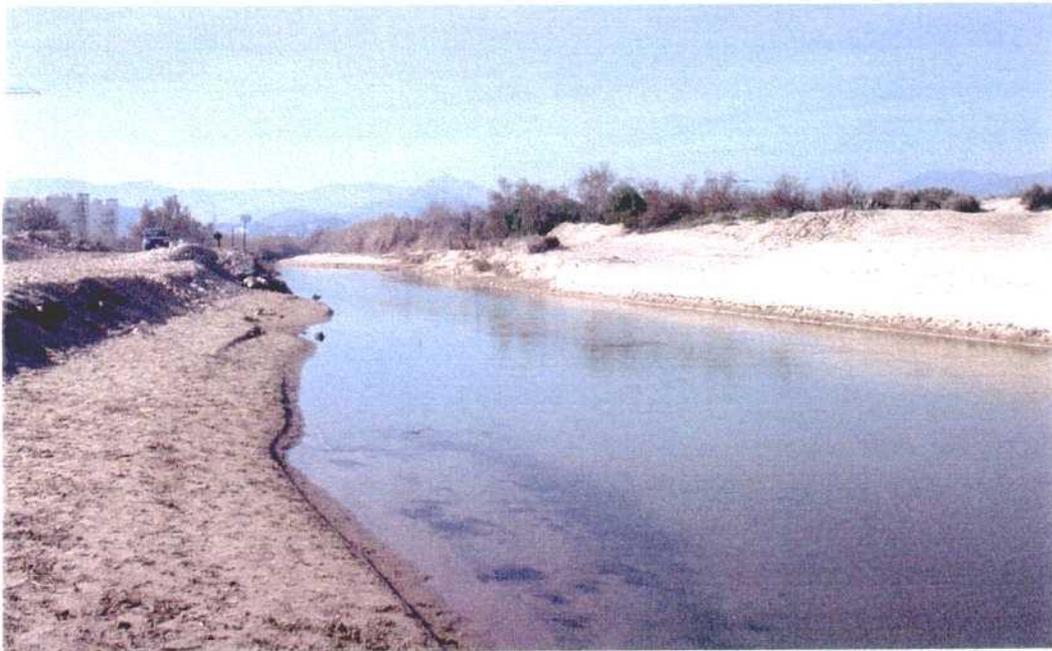
Como se ha comentado en el capítulo anterior, el control directo de estos caudales está muy influenciado por la formación de barras litorales arenosas, por lo que su determinación ofrece ciertas dificultades.



Estación de control E-21, situada sobre el puente del río Bullens que atraviesa la carretera nacional de Valencia a Alicante.



Vista de la desembocadura del río Bullens en noviembre de 2001, donde se observa la colmatación del cauce por aportes de arena generados por el temporal de levante que tuvo lugar entre los días 12 a 18 de dicho mes.



Aspecto del mismo lugar de la foto anterior unos meses más tarde, después de ser abierto el cauce mediante máquinas excavadoras.

Dado que actualmente se encuentran en curso los trabajos de investigación de la segunda fase de este estudio, que inciden especialmente en este tema, en principio se tomará como volumen de la descarga del acuífero al río Bullens un valor intermedio entre los hallados por ambos modelos de simulación, dejando el análisis de esta cuestión para entonces, momento en el que se contará con una mayor información. Según lo comentado se obtiene como balance del acuífero para el año medio el siguiente:

<u>Entradas:</u>	
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 hm ³ /año

<u>Salidas:</u>	
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 hm ³ /año

19.6 Análisis del uso del agua

El agua subterránea captada en el sistema se emplea para regadío y abastecimiento urbano, siendo el consumo industrial muy reducido.

El volumen anual utilizado para satisfacer la demanda agrícola se estima que es de 16,82 hm³/año, de los que 9,82 corresponderían a extracciones por bombeos para el riego de unas 1.600 ha de cítricos con una dotación media del orden de 6.100 m³/ha/año, y los restantes 7 hm³/año serían los volúmenes aprovechados de las surgencias que dan lugar al río Bullens, empleadas fundamentalmente para el cultivo del arroz en la marjalería de Pego-Oliva, donde existe una demanda total de 18,5 hm³/año, cubierta tanto por los aportes de esta unidad como por los de Almudaina-Alfaro-Segaria y del acuífero detrítico de la propia marjal.

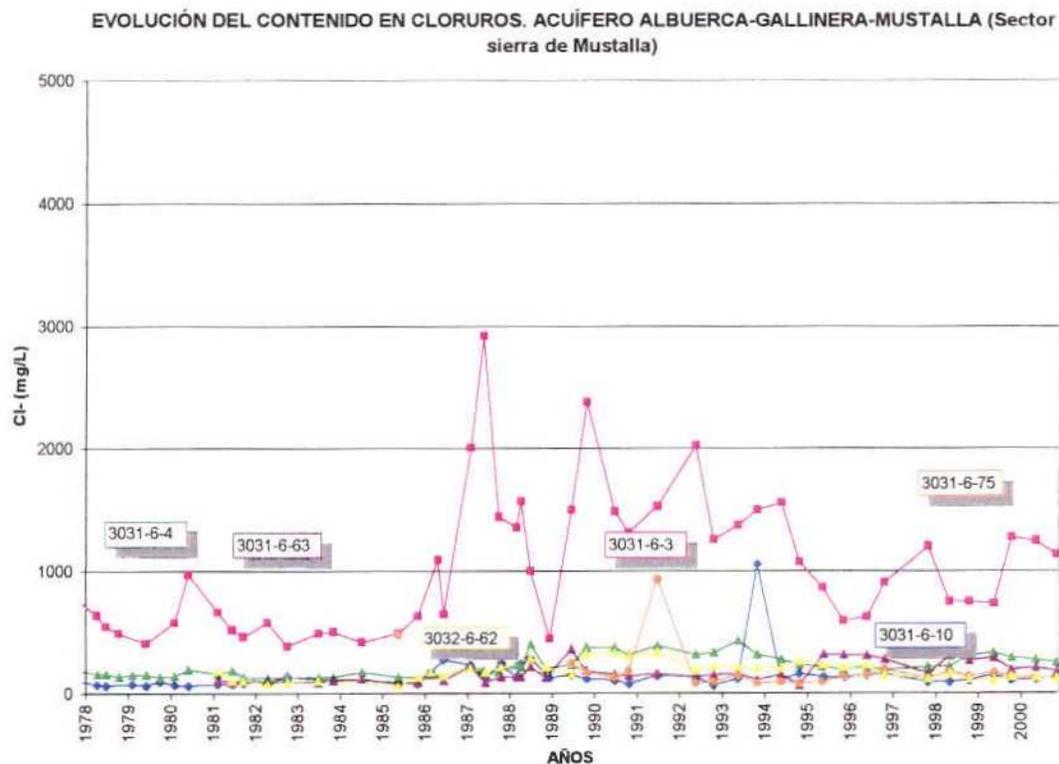
El consumo urbano-industrial no se ha visto alterado de una manera significativa en los últimos años, con un volumen anual de 2,88 hm³/año, de los que 2,74 hm³/año corresponden a abastecimientos de redes urbanas, lo que supone una dotación algo elevada como consecuencia de la existencia de industrias conectadas a la red de abastecimiento urbano, como ocurre en Castellón de Rugat. Además de esta población, son abastecidas con agua subterránea de este acuífero las localidades de Adsubia, Beniarrés, Rugat, Ayelo de Rugat, Vall de Gallinera, Forná, Salem y Rafol de Salem. Los restantes 0,14 hm³/año corresponden a industrias que tienen abastecimiento propio.

Es necesario destacar que este acuífero se extiende ampliamente sobre otras comarcas adyacentes a la de la Marina Alta, por lo que en las explotaciones y aprovechamientos indicados quedan incluidos también los realizados en estas zonas, en las que tienen cierta importancia las extracciones destinadas a uso urbano, cuantificadas en unos 2,7 hm³/año.

Como resumen, se obtiene que el volumen total de recursos aprovechados para diversos usos de esta unidad hidrogeológica asciende a 19,7 hm³/año.

19.7 Hidroquímica

Las características hidroquímicas de las aguas subterráneas reflejan en la mayor parte del sistema la presencia de aguas bicarbonatadas-cálcicas, con residuos secos entre 200 y 350 ppm, que pueden aumentar en algunos puntos hasta los 650 ppm siendo entonces la facies clorurada. Estas últimas se dan en el sector más oriental (sierra de Mustalla), donde se llegan a alcanzar salinidades muy elevadas cuyo máximo exponente es el manantial de Font Salada, en el que se han superado en algunos momentos los 6.000 ppm. En el manantial del Solinar el contenido en cloruros varía normalmente entre los 500 y los 1.500 mg/L, alcanzando máximos cercanos a los 3.000 mg/L.



También, y con las mencionadas excepciones, se trata de aguas potables de buena calidad química, excepto en los sondeos 3031-5-29, 5-35 y 6-9 donde el contenido en nitratos sobrepasa ligeramente el límite establecido en la actual Reglamentación Técnico Sanitaria, debido a las actividades agrícolas que se realizan en esta zona.

En cuanto al contenido en el ion cloruro, es bajo en todo el sistema excepto en el extremo nororiental del mismo donde en los manantiales de Font Salada y el Solinar, 3031-6-1 y 6-3 respectivamente, se alcanzan valores muy altos que oscilan entre 1.100 y 5.850 mg/l, relacionados con la presencia de una zona de interfase amplia y la existencia de aguas con gran potencial hidráulico, que da lugar a un fenómeno de mezcla entre aguas de procedencia continental y marina, en el que debe influir la presencia de una paleointerfase marina.

En el sector de la Plana de Pego-Denia cercano a esta unidad se alcanzan también en determinadas épocas valores del ion Cl^- entre 750 y 950 mg/l que pueden estar relacionados con el fenómeno de aumento de salinidad de la marjalería debido al fenómeno expuesto en el párrafo anterior o con los intensos bombeos practicados en la llanura litoral.

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 en los iones SO_4^{2-} , Cl^- y NO_3^- algo más altos debido a las actividades agrícolas e industriales que existen aguas arriba del embalse de Beniarrés y a la existencia 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 de aguas de buena calidad química en este tramo procedentes tanto del citado barranco como del acuífero.

Las facies hidroquímicas del río Bullens son cloruradas sódicas acentuándose este carácter en su curso bajo, al final de la marjalería de Pego, con residuos secos entre 1.200 y 3.330 ppm. El contenido en ion HCO_3^- es similar al del acuífero, produciéndose un aumento en los iones Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, Na^+ , Mg^+ y Ca^{2+} debido a la alta salinidad que poseen los manantiales 3031-6-1 y 6-3 sí como a las actividades agrícolas en la marjalería, donde también existe un proceso de mezcla de aguas del acuífero con aguas salinas.

La caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas también ha aportado información sobre la naturaleza impermeable del borde septentrional de la unidad, en este sentido se ha podido determinar que los sondeos 2931-8-16 y 8-22, situados en el sector de Villalonga y muy próximos al acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla, captan el acuífero Jurásico de Ador ya que tienen características químicas comunes entre sí, claramente diferentes de las del sondeo próximo 2931-8-21 que sí se encuentra situado dentro de la unidad, lo que refuerza la hipótesis del carácter impermeable que tiene el límite entre ambos acuíferos en este sector.

20. ACUÍFERO DE PEGO-DENIA

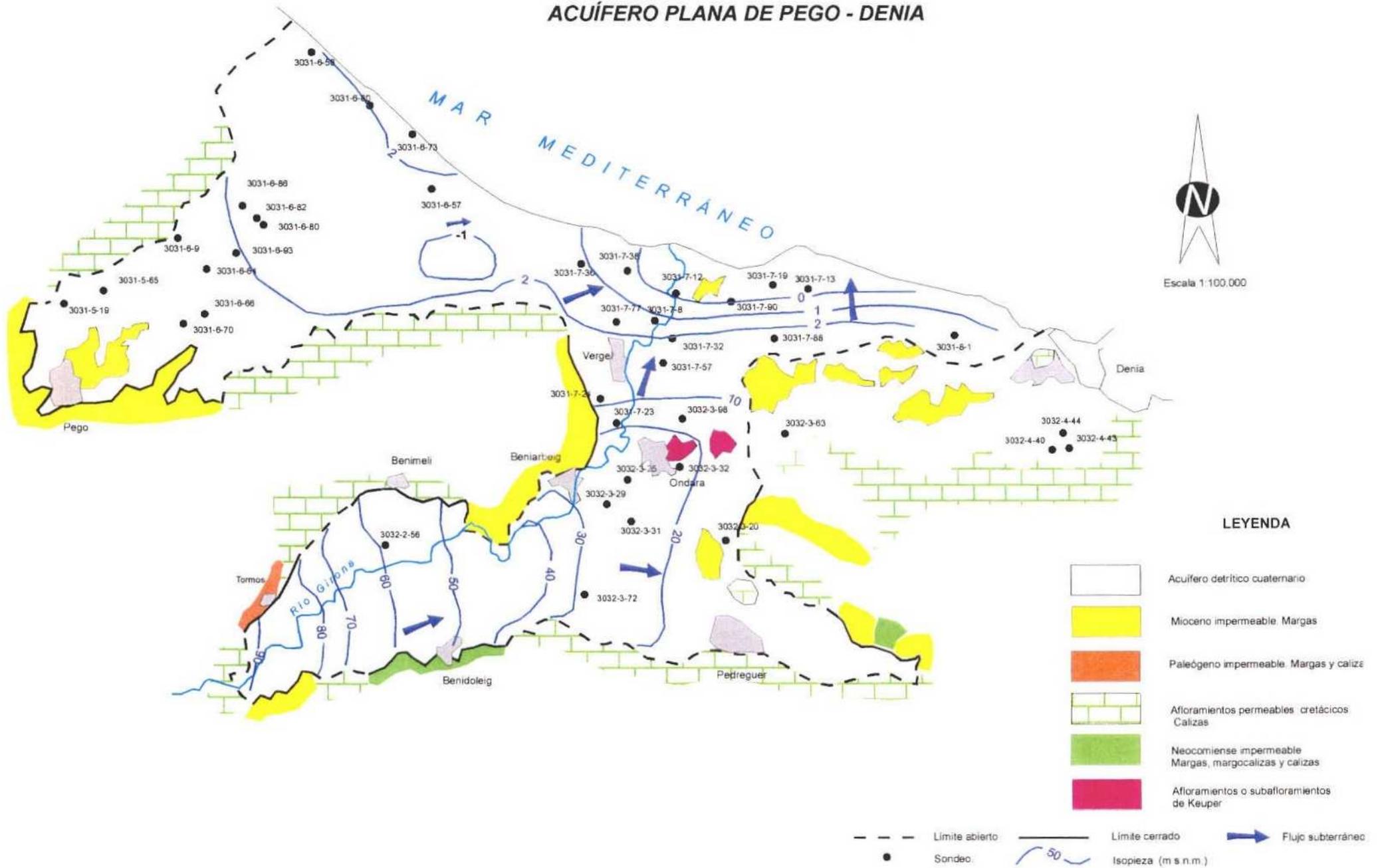
20.1 Características litológicas y geométricas

Se trata de la unidad más meridional del sistema acuífero de la Plana de Gandía-Denia, que se extiende sobre una superficie de 101 km² entre la sierra de Mustalla, al norte, y los acuíferos del Sistema Peñón-Montgó-Bernia-Benisa, al sur. El límite occidental viene definido por los afloramientos de las unidades carbonatadas de los acuíferos de Albuerca-Gallinera-Mustalla, Almudaina-Alfaro-Segaría y Mediodía. La mayor parte de éste es abierto por lo que existe una fácil conexión hídrica con dichos acuíferos. El límite meridional viene dado, a su vez, por los acuíferos de Orba, Solana de la Llosa, Cretácico del Girona, Montgó y Jesús Pobre, todos ellos, salvo el último, interconectados hidráulicamente con los sedimentos aluviales que constituyen el acuífero de Pego-Denia, cuyos materiales se encuentran superpuestos en parte a éstos. Por último, el límite oriental lo constituye el mar Mediterráneo.

Las distintas formaciones acuíferas que integran la unidad presentan permeabilidades variables, en función de su litología y contenido en arcillas, existiendo 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. Junto a ellas afloran algunas de las formaciones que constituyen el impermeable de base en el sector comprendido entre Ondara y Denia, que corresponde a arcillas y margas del Mioceno y del Triás en facies Keuper. Por otra parte, en el sector de La Jara-Torrecarrals el substrato de las formaciones detríticas está constituido por las formaciones permeables carbonatadas del acuífero del Montgó con el que puede existir relación hídrica.

Los sedimentos de edad miocena, correspondientes a la formación eminentemente margosa del "Tap" y desarrollados entre los 30 y 100 metros de profundidad, presentan algunas intercalaciones arenosas de potencias variables con cierta capacidad para

ACUÍFERO PLANA DE PEGO - DENIA



almacenar y transmitir el agua, lo que no impide que, en conjunto y a efectos hidrogeológicos, se considere a esta formación junto con algunos subafloramientos del Triás Keuper como la base impermeable del sistema hidrogeológico.

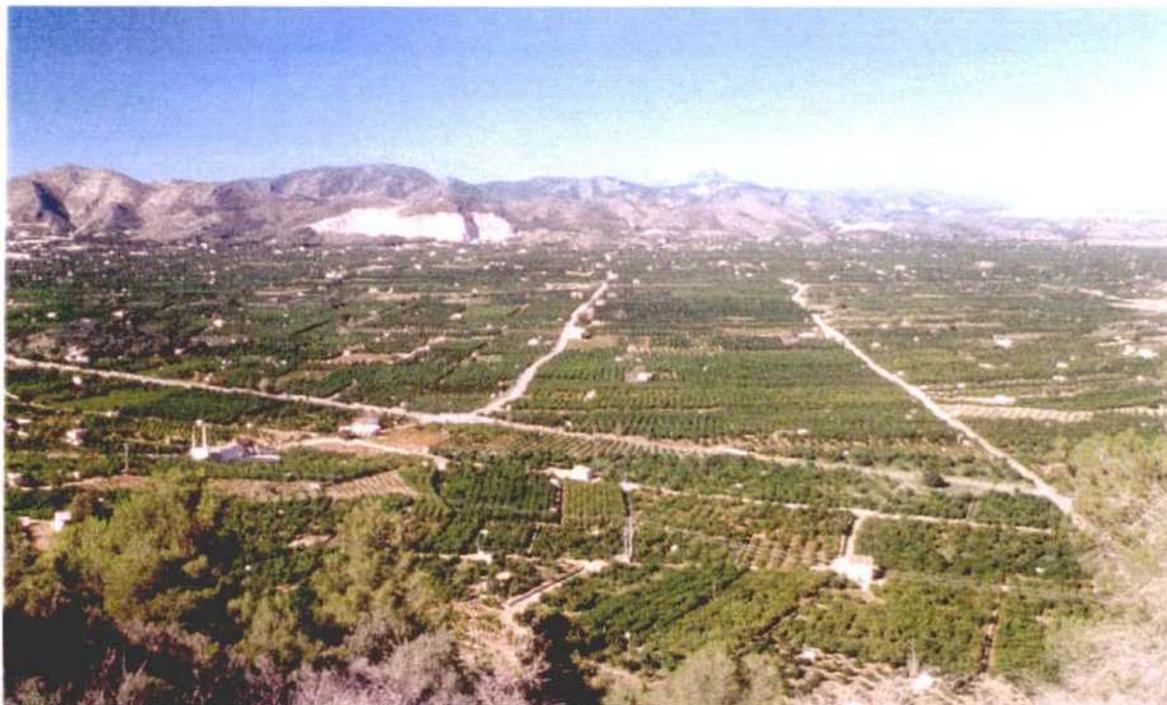
Sin embargo, en las zonas más próximas a los relieves montañosos el substrato del acuífero está constituido por formaciones permeables, prolongación en profundidad de los acuíferos carbonatados de edad cretácica existentes hacia el interior.



El aluvial del Girona del acuífero de Pego-Denia, visto desde el Montgó

Dentro de esta unidad se pueden definir a su vez dos sectores hidrogeológicos, la marjalería de Pego y el aluvial del Girona. El primero de ellos presenta un menor espesor de materiales permeables (40-60 m), entre los que predominan arenas y limos orgánicos, y está íntimamente relacionado con los acuíferos carbonatados del interior de los que recibe gran parte de sus recursos, mientras que en el valle del Girona el acuífero

cuaternario adquiere un mayor espesor, que puede superar los 100 metros en la desembocadura del río.



Sector de la marjalería de Pego-Oliva del acuífero de Pego-Denia

20.2 Características piezométricas. Evolución

La superficie piezométrica del acuífero varía entre cotas superiores a 85 m s.n.m. en las zonas más occidentales del valle del Girona, a la entrada de este río en la llanura aluvial, y niveles negativos en algunos sectores próximos a la línea de costa, como en la zona de Setla-Vergel donde en ciertos momentos se han alcanzado cotas de hasta -3 m s.n.m. Las oscilaciones estacionales en este lugar pueden presentar hasta 10 metros de amplitud, mientras que las hiperanuales han alcanzado diferencias máximas de hasta 25 y 30 metros en algunos puntos. En el resto del acuífero las variaciones de la superficie piezométrica son bastante reducidas, sin observarse ningún tipo de tendencia negativa.

En el sector de la marjalería de Pego-Oliva la piezometría también se mantiene estable, con pequeñas oscilaciones estacionales, a cotas situadas entre los 2 m s.n.m. en las áreas interiores, y cotas ligeramente por debajo del nivel del mar en el sector de la finca del Rosario, hecho que está relacionado con el drenaje que se realiza en dicha finca para hacer posible el cultivo de cítricos. En años muy secos puede llegar a situarse varios metros por debajo de la cota cero en el sector central de la marjalería (1984/85).

20.3 Funcionamiento hidráulico

El flujo subterráneo se establece en dirección oeste-este con sentido 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 de 1%.

La alimentación de la unidad tiene lugar mediante la infiltración del agua de lluvia sobre toda la superficie de la misma, por retorno de riegos y por la infiltración de la escorrentía superficial a través del cauce del río Girona, así como también por alimentación lateral de los acuíferos carbonatados interiores.

Las salidas se producen, en primer lugar, por las extracciones y bombeos realizados en el acuífero, por el drenaje de manantiales y cavas, por salidas directas al mar Mediterráneo y, por último, por salidas laterales hacia otras unidades hidrogeológicas como el Cretácico del Girona, e incluso en algunos momentos hacia Solana de la Llosa.



El acuífero de Pego-Denia en el sector del río Girona

20.4 Balance hídrico

Los recursos del acuífero Pego-Denia se establecen en $41,5 \text{ hm}^3/\text{año}$, según el documento realizado por el ITGE en 1990, sin embargo con los estudios llevados a cabo para la elaboración de este informe se obtiene un volumen superior, estimado en $44,03 \text{ hm}^3/\text{año}$, al considerar unas entradas laterales de los acuíferos colindantes mayores que las contempladas en dicho documento. El balance del año medio finalmente obtenido es el siguiente:

<u>Entradas:</u>	
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 hm ³ /año
Total	44,03 hm ³ /año

<u>Salidas:</u>	
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 la marjalería 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 hm ³ /año

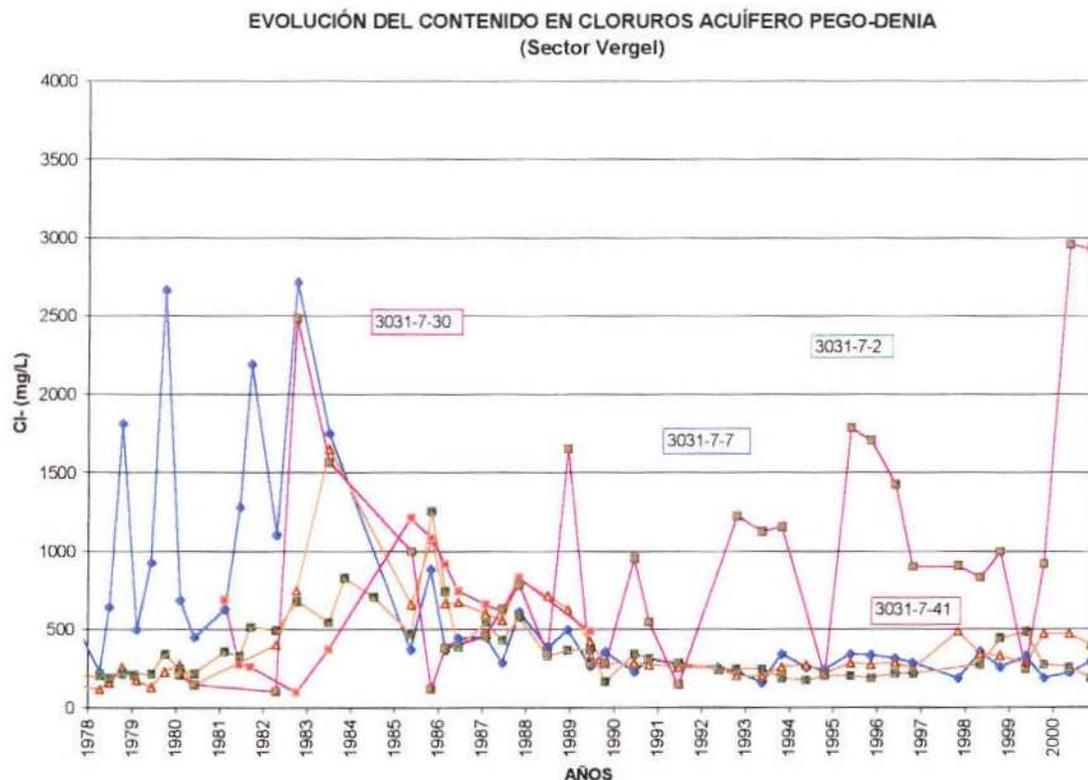
La intrusión marina existente en la zona de Denia ha causado una disminución de las dotaciones de riego, lo que ha podido modificar algo el balance hídrico en estos últimos años.

20.5 Hidroquímica. Situación y evolución de los procesos intrusivos

Existen varios sectores con concentraciones elevadas en ion cloruro y, de forma general, se puede decir que se mantienen permanentemente niveles de cloruros por encima de los

400 mg/L al noroeste de Vergel (entre esta población y la finca de Rosario) y al oeste de Denia. En estas zonas se pueden llegar a concentraciones entre 700 y 1.000 mg/L, en los periodos de estiaje, alcanzando los 3.000 en algunos momentos, con conductividades eléctricas de hasta 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la finca del Rosario, valor que puede ser incluso superior. En este sentido es de destacar la elevada salinidad del agua extraída por la estación de bombeo de esta finca que alcanza los 14.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica.

La tendencia a largo plazo de la concentración en cloruros de las aguas de este acuífero es a aumentar, especialmente en las zonas próximas a Vergel donde se obtienen en algunos lugares incrementos importantes en los últimos años (punto 3032-7-2).

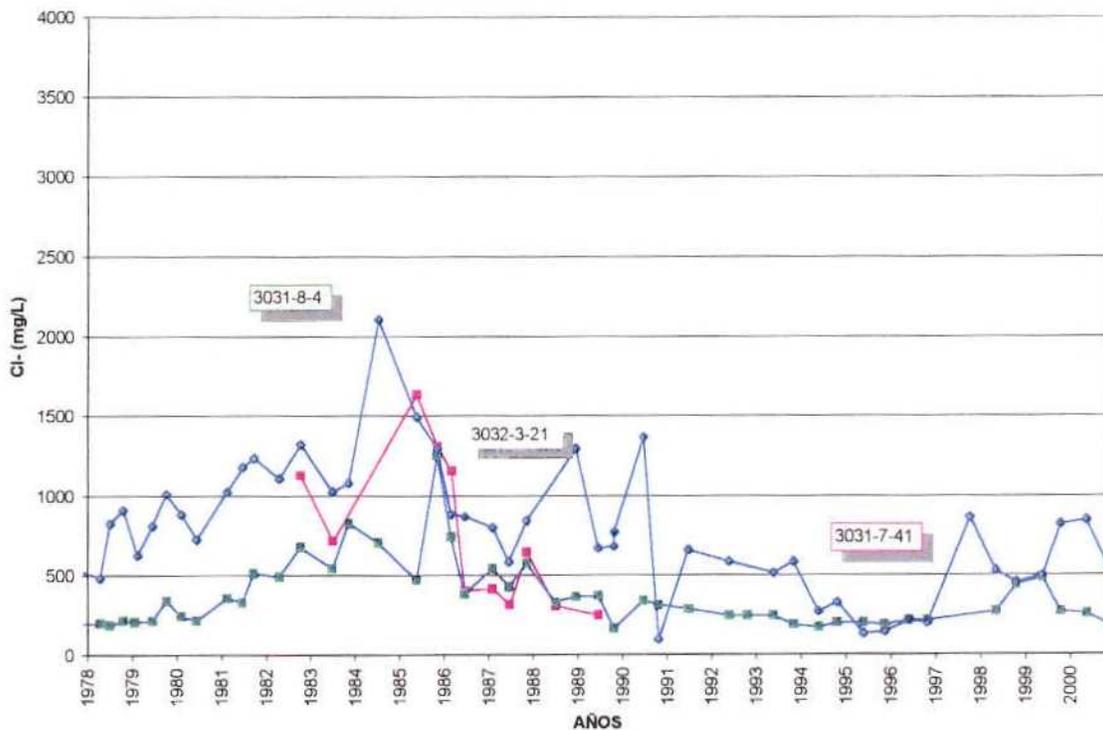


El control de la calidad muestra una evolución gradual de aguas con facies bicarbonatadas y bicarbonatadas sulfatadas en las zonas interiores, a aguas con facies

bicarbonatadas-cloruradas y cloruradas en los sectores más litorales. En relación con los cationes se pasa de facies cálcico-magnésicas a facies mixtas y sódicas. Estas mismas tendencias también se acentúan en el tiempo, es decir las aguas son cada vez más sulfatadas y cloruradas y más sódicas, llegando a alcanzar facies claramente sódicas en el año 1999 en las cercanías de Denia (punto 3031-7-13) lo que refleja la existencia de un intenso proceso intrusivo de las aguas marinas en este sector.

El carácter sulfatado de algunas facies hidroquímicas parece ser debido a los efectos causados por el empleo de fertilizantes agrícolas, hecho que se observa en el estudio de las relaciones iónicas y que muestra el mismo esquema expuesto en el epígrafe anterior, es decir, aguas de calidad moderada en las zonas del interior que van incrementando su contenido en ion cloruro hacia la costa y hacia las áreas afectadas por los procesos intrusivos, especialmente en el sector localizado al oeste de la localidad de Denia.

EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO EN CLORUROS ACUÍFERO PEGO-DENIA
(Sector Ondara-Denia)

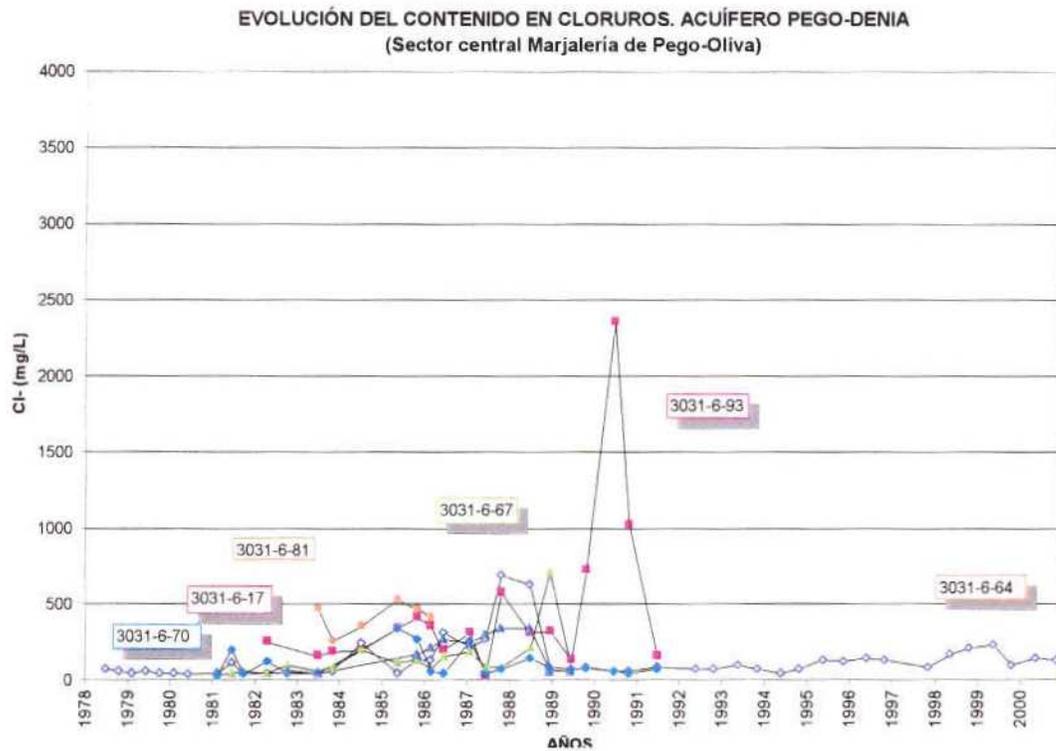


La relación $r\text{HCO}_3/r\text{Cl}$ presenta normalmente valores superiores a 2 (punto 3032-3-31), e indica una aceptable calidad del agua en los sectores interiores del valle aluvial del río Girona, mientras que en puntos cercanos a la costa (3031-7-13) esta relación es claramente menor, alcanzando valores muy bajos en los últimos años, lo que pone de manifiesto la influencia de los procesos de intrusión de agua marina.

En la marjalería de Oliva-Pego las aguas subterráneas presentan también un elevado contenido en cloruros, asociado en este caso a un proceso de mezcla de aguas del propio acuífero con las procedentes de las sierras de Mustalla y de Segaria, donde existen manantiales con elevada salinidad.

Por otra parte, la relación $r\text{SO}_4/r\text{Cl}$ presenta valores mínimos en la costa y máximos en los situados hacia el interior; dicha relación prácticamente se mantiene constante entre 1995 y 1999 lo que a su vez implica incrementos de sulfatos de forma general en el acuífero ya que el contenido en ion cloruro ha aumentado, tal y como se expone en el párrafo siguiente. Ambos hechos apuntan a que los fertilizantes agrícolas están en el origen del alto contenido de este compuesto.

La evolución en las relaciones iónicas en los últimos años muestra un incremento en ion cloruro en todos los análisis realizados, en el que resalta el punto 3031-7-13 que pasa de 4,5 a 25,1 meq/L. Paralelamente a este proceso se registran incrementos similares en el ion sulfato, que mantiene su relación con el ion cloruro. Las aguas también se han hecho ligeramente magnésicas en detrimento del calcio, aunque en cualquier caso la evolución de estos parámetros puede considerarse como moderada.



20.6 Análisis del uso del agua

El volumen total de agua aprovechado en este acuífero es de 28 hm³/año, de los cuales 5,3 hm³/año corresponden a abastecimientos urbanos y 22,7 hm³/año a usos agrícolas.

La captación de recursos para uso urbano (5,3 hm³/año) se realiza exclusivamente a partir de pozos y sondeos, mientras que de los 22,7 hm³/año utilizados para riego, 15,7 hm³/año corresponden a bombeos y los 7 hm³/año restantes a emergencias, fundamentalmente de las localizadas en la marjalería 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.

21. OTROS ACUÍFEROS DE PEQUEÑA ENTIDAD

Además de los acuíferos estudiados, en la comarca de la Marina Alta existen unidades hidrogeológicas de reducido tamaño e importancia, pero que son capaces de resolver demandas puntuales para abastecimiento o regadío. Es el caso de los acuíferos de Olivereta y Fontilles, localizados junto al acuífero del Peñón, y Seguilí, integrado dentro del acuífero de Solana de la Llosa, así como las estructuras de Sanet y Beniarbeig que se han estudiado dentro del acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria.

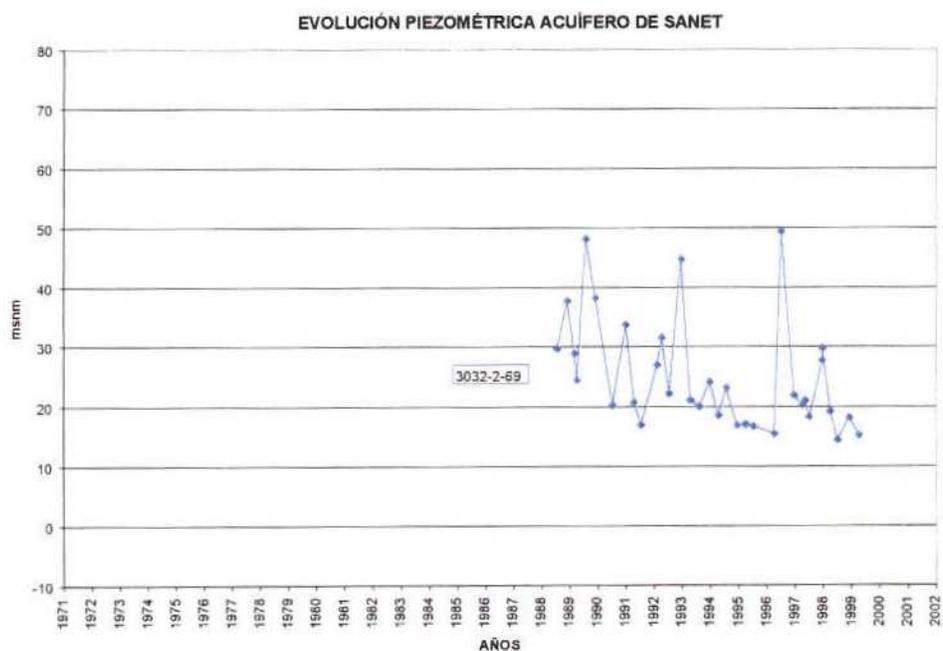
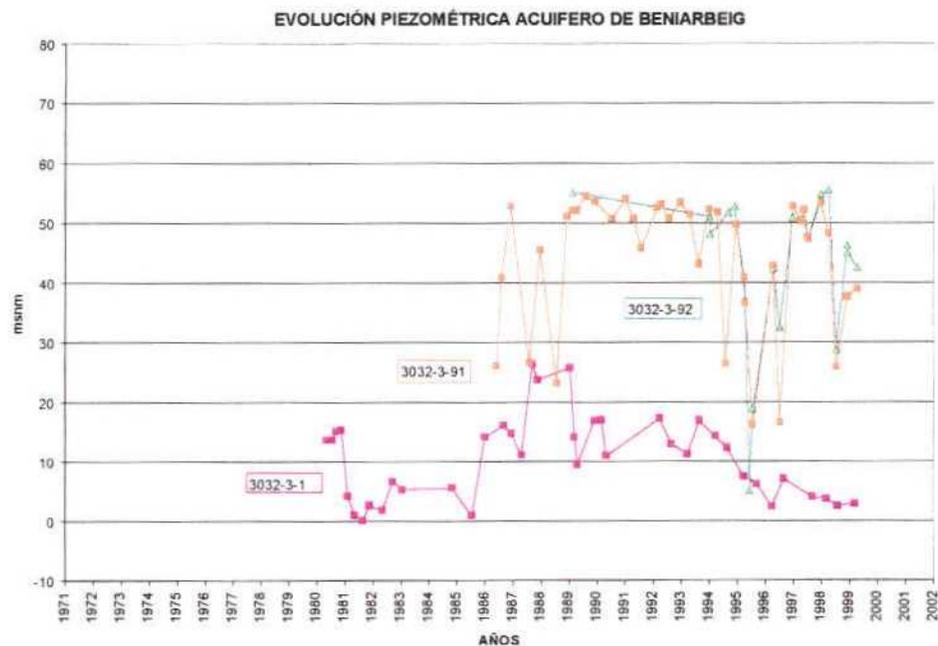
El conjunto de todos ellos alcanza unos recursos totales de 0,85 hm³/año de los que son aprovechados 0,6 hm³/año, obteniéndose pequeños excedentes solamente en Fontilles (0,1 hm³/año) y Sanet (0,15 hm³/año).

Según el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante (1992) sus balances serían los reflejados en la siguiente tabla:

ACUÍFERO	RECURSOS (hm ³ /año)	APROVECHAMIENTOS (hm ³ /año)	EXCEDENTES (hm ³ /año)
Olivereta	0,1	0,1	0
Fontilles	0,15	0,05	0,1
Seguilí	0,2	0,2	0
Sanet	0,2	0,05	0,15
Beniarbeig	0,2	0,2	0
TOTAL	0,85	0,60	0,25

En el caso de Olivereta se realiza una explotación intensiva del acuífero llegando a agotarlo totalmente, por lo que las extracciones están limitadas necesariamente a los 100.000 m³ anuales que es capaz de recargar el acuífero a partir del agua de lluvia.

De algunas de estas estructuras, en concreto las de Beniarbeig y Sanet, se tiene la evolución piezométrica. En ambas se observa un cierto descenso en la superficie piezométrica que apunta hacia una explotación bastante ajustada de sus recursos.



22. DETERMINACIÓN DE EXTRACCIONES Y APROVECHAMIENTOS

El agua consumida para **abastecimiento urbano** en la Marina Alta, procede en su totalidad de recursos generados en sus acuíferos, a pesar de existir una toma de agua superficial en el río Molinell para el abastecimiento a Denia (previo tratamiento), ya que este constituye el drenaje del sistema acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria. El volumen total explotado en sus acuíferos para dicho uso, referido al año 1998, ascendió a 30,14 hm³/año, mientras que el 2000 fue de 30,47 hm³/año, a los que hay que añadir los 2,7 hm³/año extraídos del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla fuera de la Marina Alta, con lo que haría un total de **33,17 hm³/año** para el último de los años mencionados.

Por su parte los **aprovechamientos agrícolas**, entre los que se encuentran el uso de importantes manantiales, especialmente en la marjalería de Pego-Oliva, se han estimado en **75,44 hm³/año**, volumen ligeramente superior a la demanda teórica estimada en **73,5 hm³/año** (volumen I de este informe).

De esta forma los recursos utilizados en los acuíferos de la Marina Alta es de **108,61 hm³/año**. Su distribución queda reflejada en la tabla de la página siguiente, en la que se observa que las unidades en las que se aprovechan mayores volúmenes son las de Pego-Denia con 28 hm³/año, seguida de Albuerca-Gallinera-Mustalla, con 19,7 hm³/año, de Almudaina-Alfaro-Segaria, con 13,53 hm³/año, y de Solana de la Llosa y Mediodía, con 12,32 y 11 hm³/año, respectivamente.

En lo que se refiere al consumo urbano, destaca muy por encima del resto el acuífero de Solana de la Llosa, con 8,00 hm³/año, seguido de Almudaina-Alfaro-Segaria, con 4,13 hm³/año, y Mediodía con 3,72 hm³/año.

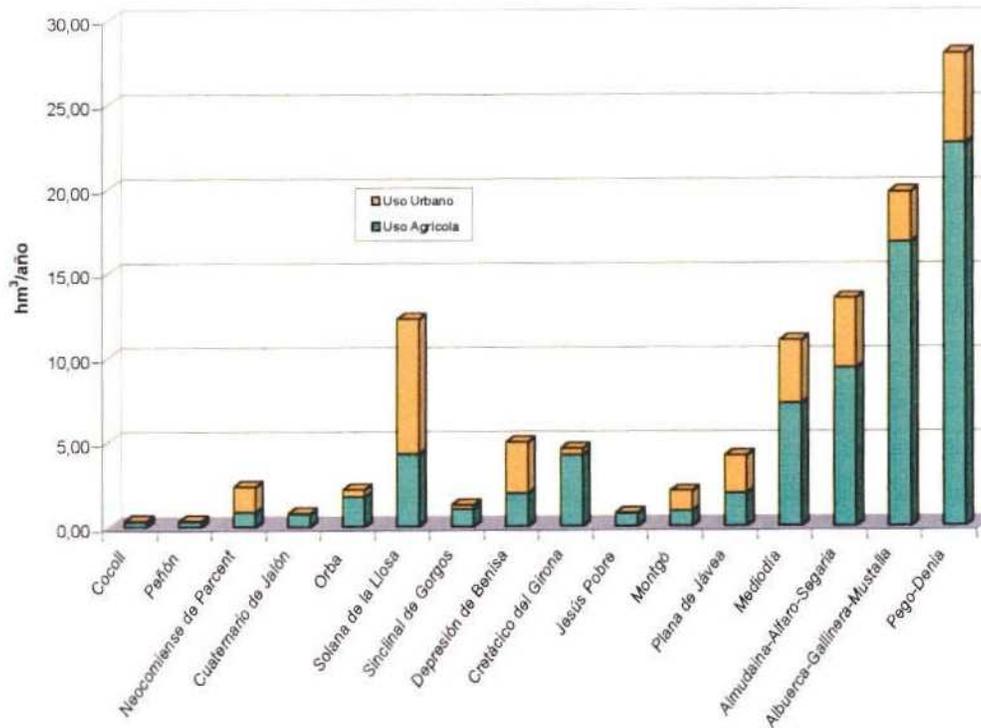
En cuanto a los aprovechamientos agrícolas, destacan los relacionados de alguna manera con la marjal de Pego-Oliva, como son el acuífero de Pego-Denia con 22, hm³/año, el de Albuerca-Gallinera-Mustalla con 16,82 hm³/año, el de Almudaina-Alfaro-Segaria con 9,4 hm³/año, y el de Mediodía con 7,28 hm³/año.

APROVECHAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS DE LA MARINA ALTA (Manantiales y Bombeos). Año 2000

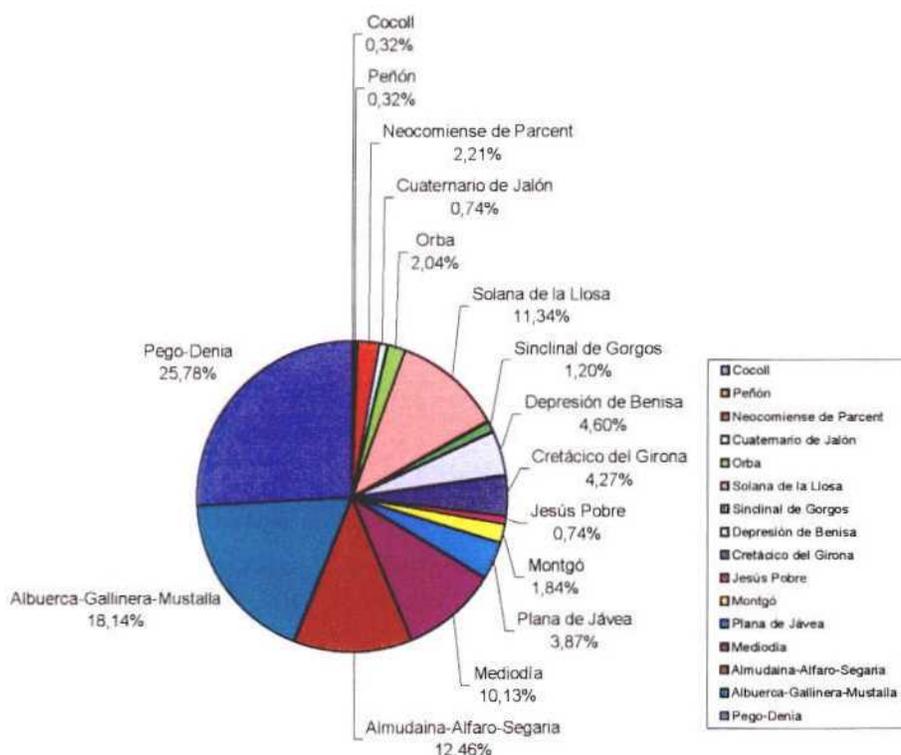
Acuífero	Volumen (hm ³ /año)		Total (hm ³ /año)	Aprovechamiento %
	Uso Agrícola	Uso Urbano		
Cocoll	0,30	0,05	0,35	0,32
Peñón	0,30	0,05	0,35	0,32
Neocomiense de Parcent	0,88	1,52	2,40	2,21
Cuaternario de Jalón	0,78	0,02	0,80	0,74
Orba	1,79	0,43	2,22	2,04
Solana de la Llosa	4,32	8,00	12,32	11,34
Sinclinal de Gorgos	1,02	0,28	1,30	1,20
Depresión de Benisa	1,95	3,05	5,00	4,60
Cretácico del Girona	4,23	0,41	4,64	4,27
Jesús Pobre	0,73	0,07	0,80	0,74
Montgó	0,94	1,16	2,00	1,84
Plana de Jávea	2,00	2,20	4,20	3,87
Mediodía	7,28	3,72	11,00	10,13
Almudaina-Alfaro-Segaria	9,40	4,13	13,53	12,46
Albuera-Gallinera- Must.	16,82	2,988 (*)	19,70	18,14
Pego-Denia	22,70	5,30	28,00	25,78
TOTAL	75,44	33,17 (*)	108,61 (*)	100,00

(*) Incluye 2,7 hm³/año extraídos fuera de la Marina Alta

APROVECHAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS DE LA MARINA ALTA



PORCENTAJE DE APROVECHAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS DE LA MARINA ALTA

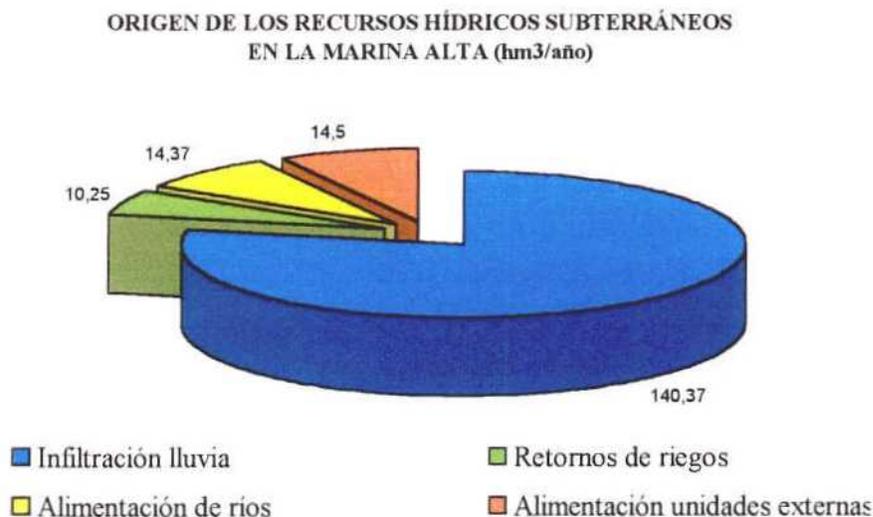


Como se expone en el capítulo siguiente, el referido volumen de 108,61 hm³/año supone el 60,5 % de los recursos propios de la comarca (179,48 m³/año), resultantes de sumar a la infiltración de agua de lluvia, alimentación de ríos y retorno de riego del conjunto de los acuíferos (164,98 hm³/año), los aportes externos provenientes de los acuíferos de Carrascal-Ferrer (2,1 hm³/año) y Solana-Benicadell (12,4 hm³/año), lo que indica que existe un margen razonable para el incremento de los aprovechamientos, quedando los excedentes para el mantenimiento de la interfase marina en los acuíferos costeros y permitir las salidas a ríos y zonas húmedas. Esta evaluación general tendrá que ser ajustada, sin embargo, en estudios posteriores, especialmente en lo que se refiere a los acuíferos relacionados con la marjal de Pego-Oliva, objetivo prioritario de la segunda fase de este proyecto.

23. RECURSOS HÍDRICOS. BALANCE GENERAL DE ACUÍFEROS

Los recursos hídricos naturales de la comarca se circunscriben prácticamente a los subterráneos debido a la escasa entidad de los cauces superficiales, que se encuentran secos la mayor parte del año y con un régimen hidrológico muy irregular de tipo torrencial.

Dentro de los límites territoriales de la Marina Alta, tal y como se ha expuesto, se encuentran representados un total de 17 acuíferos más o menos interrelacionados entre sí, pertenecientes a varias unidades hidrogeológicas, que disponen en conjunto de **164,98 hm³/año** de recursos propios (se excluye Carrascal-Ferrer por extenderse en su mayor parte fuera de la Marina Alta) con un grado de explotación muy variable, de forma que existen acuíferos sobreexplotados, como Solana de la Llosa, Cretácico del Girona, Neocomiense de Parcent y Jesús Pobre, junto a otros con volúmenes excedentarios importantes, fundamentalmente Albuerca-Gallinera-Mustalla y Almudaina-Alfaro-Segaria. Dichos recursos corresponden solamente a la infiltración directa de agua de lluvia sobre cada uno de los acuíferos, estimada en 140,37 hm³/año, a los retornos de riego, 10,25 hm³/año y a la alimentación de los cauces superficiales, 14,36 hm³/año.



A los volúmenes referidos se deben añadir los aportes laterales de unidades externas al territorio de la Marina Alta hacia sus acuíferos, como son los 0,1 y 2,0 hm³/año cedidos por el sistema de Carrascal-Ferrer al Cuaternario de Jalón y Depresión de Benisa, respectivamente, y los 12,4 hm³/año con los que el acuífero de Solana-Benicadell alimenta al de Albuerca-Gallinera-Mustalla. La suma de todos estos valores da como resultado unos recursos totales de **179,48 hm³/año**.

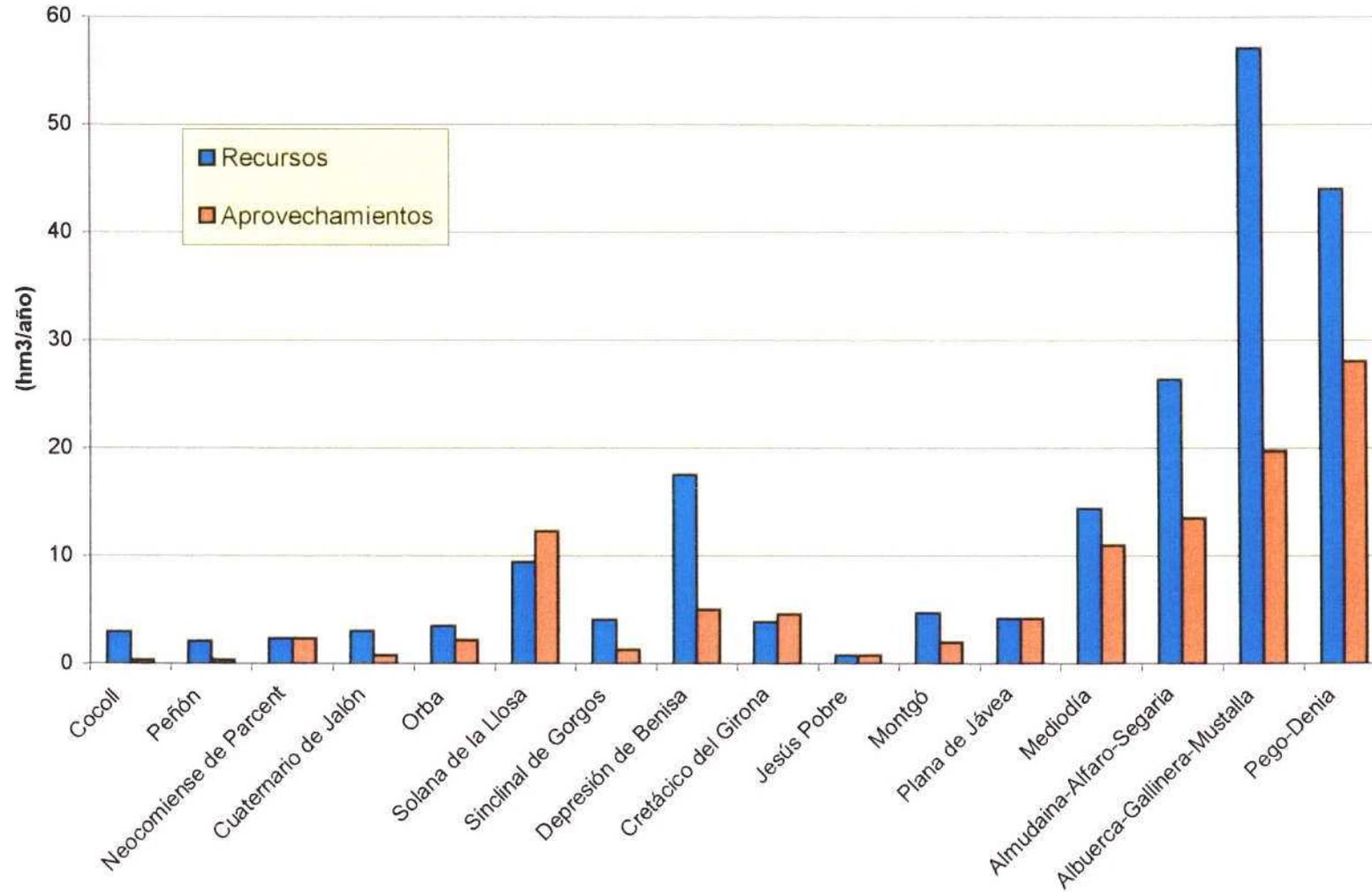
El balance resumido de cada uno de los acuíferos queda expuesto en la tabla de la página siguiente, donde se puede observar la existencia de una gran variedad de situaciones hidrogeológicas, con unas unidades fuertemente sobreexplotadas y otras que disponen de un elevado volumen de recursos excedentarios.

Entre las unidades sobreexplotadas cabe distinguir las que sufren una sobreexplotación en sentido estricto, como es el caso de Solana de la Llosa y Cretácico del Girona, de aquellas que sufren una sobreexplotación acumulada y que, aunque en apariencia se encuentran en equilibrio por presentar extracciones similares a las entradas, realmente se trata de sistemas que han sido fuertemente sobreexplotados en el pasado y en la actualidad las extracciones se ajustan a sus recursos renovables, situándose los niveles piezométricos muy por debajo de su cota natural. Este es el caso de los acuíferos del Neocomiense de Parcent y Jesús Pobre (planos 3 y 4).

Asimismo, entre los acuíferos excedentarios se distinguen aquellos que presentan recursos aprovechables, como Almudaina-Alfaro-Segaria, Albuerca-Gallinera-Mustalla, Peñón, y en menor medida Mediodía, Depresión de Benisa y Pego-Denia (aunque en el caso de las sierras de Mustalla y de Segaria, y en el sector de la Depresión de Benisa más próximo a la costa, existen problemas de salinización local natural potenciada por bombeos), y acuíferos que aunque son excedentarios, tienen parte de sus recursos comprometidos, como son los de Cocoll, Orba, Cuaternario de Jalón y Sinclinal de Gorgos.

Con respecto a las unidades con problemas de salinización por intrusión marina cabe destacar el Montgó y la Plana de Jávea, circunstancia que limita la explotación de sus recursos renovables.

RECURSOS Y APROVECHAMIENTOS DE LOS ACUÍFEROS DE LA MARINA ALTA



RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS DE LA MARINA ALTA (ALICANTE)

Acuífero	Código	Entradas (hm³/año)					Salidas (hm³/año)								Déficit (hm³/año)	Observaciones									
		I.Llu	A. Ríos	R. Reg	E. Lat	E. Mar	TOTAL	Manantiales			Bombeos		S. Ríos	S. Mar			S. Lat	TOTAL							
								U. Urb	U. Agr	No apr	Urb	Agr													
Cocell	CC	3,00					3,00		0,30			0,05			0,25		2,40	NP	3,00		Excedentario con recursos comprometidos				
Peñón	PÑ	2,12					2,12	0,05	0,30	0,15				1,62						2,12		Excedentario			
Carrascal-Ferrer	CF	9,60 (*)	1,50 (*)				11,10 (*)				8,90 (*)	0,10 (*)					2,00 (*)	DB	0,10 (*)	CJ	11,10 (*)		Equilibrio		
Neoc. Parcent	NP				2,40	CC	2,40					1,52	0,88								2,40		Sobreexplotación acumulada		
Cuaternario Jalón	CJ	2,50		0,45	0,10	CF	3,05		0,50	0,25		0,30	0,50				1,50	DB			3,05		Excedentario con dificultades de captación		
Orba	OB	1,80	1,22	0,50			3,52					0,43	1,79							1,30	PD	3,52		Sobreexplotado entre 1975 y 1985	
Solana de la Llosa	SL	6,40		0,50	2,50	PD	9,40	0,05	0,25	0,10	7,95	4,07										12,42	3,02	Sobreexplotado	
Sinclinal Gorgos	SG	2,50	1,60				4,10					0,28	1,02				1,30	CG	0,60	JP	0,90	DB	4,10		Excedentario con recursos comprometidos
Depresión Benisa	DB	13,10			2,00	CF	17,50					3,05	1,95		10,60		1,90	PJ				17,50		Excedentario con problemas locales de asalinización	
Cretácico Girona	CG	0,40			1,30	SG	3,90					0,41	4,23									4,64	0,74	Sobreexplotado	
					2,20	PD																			
Jesús Pobre	JP	0,20			0,60	SG	0,80					0,07	0,73									0,80			Sobreexplotación acumulada
Montgó	MO	4,40					4,70					1,06	0,94		2,00		0,70	PD				4,70			Problemas de salinización
Plana Jávea	PJ		2,30		1,90	DB	4,20					2,20	2,00									4,20			Problemas de salinización
Mediodía	MD	10,24	4,15				14,39		4,15	1,86	3,72	3,13					1,53	PD				14,39			Excedentario
Aimud-Alf-Seg	AS	25,80		0,60			26,40	3,83	7,00		0,30	2,40	12,87									26,40			Excedentario
Aib-Gall-Mustalla	AM	42,00		2,70	12,40	(**)	57,10		7,00	21,30	2,88	9,82	8,70				4,00	PD				57,10			Excedentario
																	3,40	(***)							
Pego-Denia	PD	25,00	6,50	5,00	1,30	OB	44,03		7,00	0,80	5,30	15,70		10,53			2,50	SL				44,03			Excedentario con problemas locales de salinización inducida por bombeos
					0,70	MO											2,20	CG							
					1,53	MD																			
					4,00	AM																			
TOTAL			164,98		35,33	0,30	200,61	3,93	26,50	24,46	29,22	48,96	23,94			24,23						204,37	3,76		

(*) No contabilizado en el total por la dificultad de captación de los recursos de este acuífero dentro de los límites de la comarca

(**) Entradas laterales desde el acuífero Solana-Benicadell, y el embalse de Beniarrrés

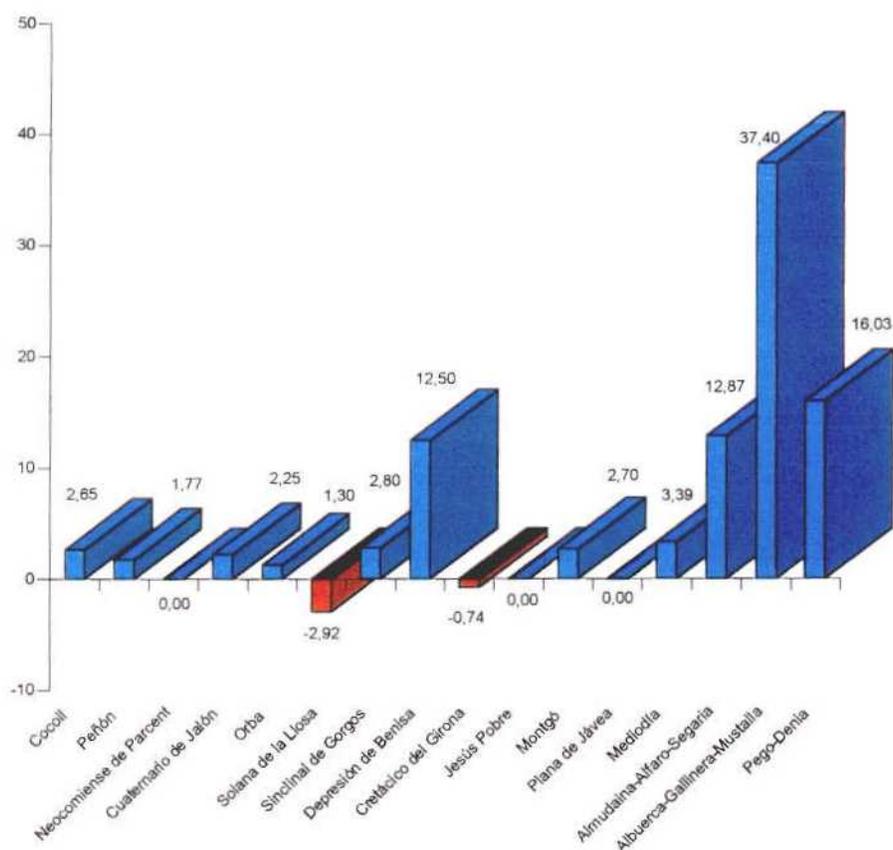
(***) Salidas laterales al detrítico de Oliva de la Plana de Gandía-Denia

NOTA: En los bombeos urbanos del sistema Albuera-Gallinera-Mustalla, se contabilizan extracciones fuera de la comarca

24. CONCLUSIONES

Los trabajos realizados en la comarca de la Marina Alta han puesto de manifiesto la existencia de una desigual distribución y gestión en el aprovechamiento de sus recursos hídricos, que permite la coexistencia de posiciones antagónicas en la situación de sus acuíferos, algunos sometidos a una intensa sobreexplotación y otros con importantes volúmenes excedentarios. Esta situación, expuesta de forma gráfica en la figura siguiente, puede ser corregida mediante una adecuada planificación en el aprovechamiento de dichos acuíferos.

DÉFICIT/SUPERAVIT DE LOS ACUÍFEROS DE LA MARINA ALTA (hm³/año)



Con la redistribución de las explotaciones entre las diversas unidades, en función de los recursos de cada una de ellas, y la mejora en la gestión se puede conseguir eliminar el “déficit hídrico” que actualmente padece la comarca, centrado esencialmente en las poblaciones

costeras de Denia, Jávea, Benisa y Calpe. Como puede deducirse del gráfico anterior, dicho “déficit hídrico” no es tal, es decir, dentro del territorio no hay carencia de recursos en sentido estricto, sino que éste se encuentra sometido a lo que podría denominarse “*estrés hídrico*” o “*situación de insuficiencia de recursos en un determinado sistema, generada por la inadecuada gestión de sus recursos hídricos*”, y que en el caso estudiado consiste en el desigual aprovechamiento de los acuíferos, especialmente los captados para el abastecimiento urbano, hecho que ha provocado la sobreexplotación de los mismos, limitando por tanto la disponibilidad de agua con la que poder satisfacer la demanda.

Según la investigación realizada, el volumen total aprovechado en sus distintos usos es de 108,61 hm³/año, lo que supone el 60,5 % de los recursos totales propios (178,48 hm³/año) y la existencia de unos excedentes de 70,87 hm³/año. Estas cifras permiten un cierto margen para incrementar el aprovechamiento de los acuíferos que, si se establece en un 80 % del total de sus recursos, proporción considerada como explotación óptima, se obtendría un incremento potencial de unos 35 hm³/año, quedando casi 36 hm³/año como volúmenes excedentarios necesarios para la estabilización de la interfase marina en los acuíferos costeros y las salidas a ríos y zonas húmedas. Sin embargo, existen situaciones muy diversas que pueden aconsejar una mayor o menor posibilidad de explotación de un sistema hidrogeológico en función de sus características específicas. En este sentido, analizadas las condiciones a las que se encuentran sometidos cada uno de los acuíferos de la Marina Alta, se han determinado diferentes volúmenes para cada uno de ellos, expresados en la tabla adjunta, en la que también se indica el criterio seguido para su establecimiento.

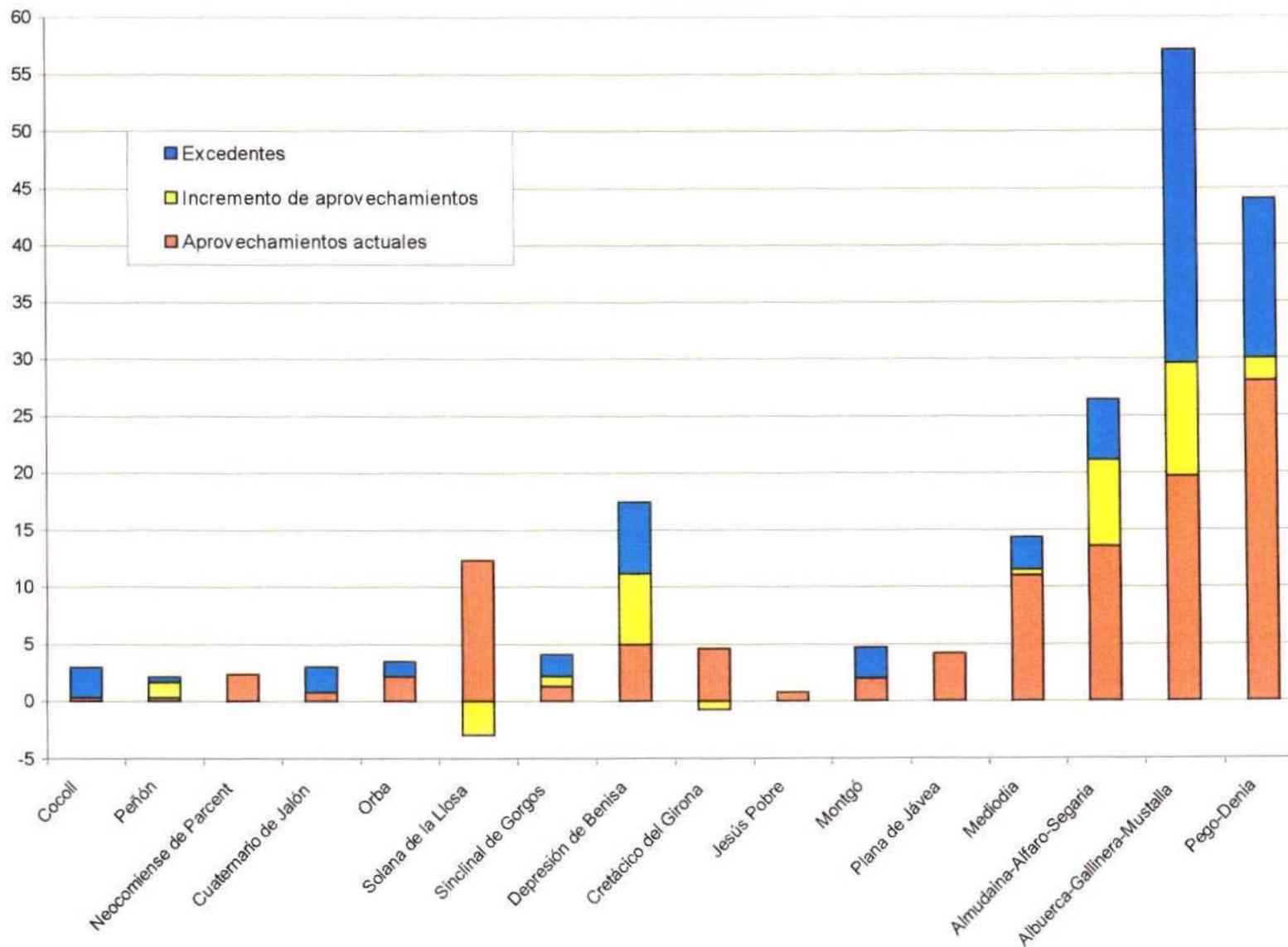
Como puede observarse existen situaciones muy diferentes, con acuíferos sobreexplotados en los que las extracciones deben reducirse, como Solana de la Llosa y Cretácico del Girona; acuíferos que mantendrían su grado de explotación actual, como Neocomiense de Parcent, Cuaternario de Jalón, Orba, Jesús Pobre y Plana de Jávea, a pesar de que en algunos de ellos se aprovecha el total de sus recursos; acuíferos que permiten incrementar algo el volumen de sus extracciones, como Peñón, Sinclinal del Gorgos, Depresión de Benisa e incluso en muy pequeña proporción Mediodía y Pego-Denia; y, por último, acuíferos en los que sería posible un incremento sustancial en sus aprovechamientos, tales como Almudaina-Alfaro-Segaria y Albuerca-Gallinera-Mustalla.

POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO ACUÍFEROS MARINA ALTA (hm³/año)

ACUÍFERO	RECURSOS	USOS ACTUALES	APROVECHAMIENTOS PROPUESTOS	CRITERIOS SEGUIDOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS APROVECHAMIENTOS PROPUESTOS
Cocoll	3,00	0,35	0,35	Igual a explotación actual. Resto comprometido con el Neocomiense de Parcent (2,4 hm ³ /año)
Peñón	2,12	0,35	1,70	80% de los recursos. Necesaria la regulación del manantial de Murla
Neocomiense de Parcent	2,40	2,40	2,40	Igual a la explotación actual
Cuaternario de Jalón	3,05	0,80	0,80	Igual a la explotación actual. La dificultad de captación debido a las características del acuífero impide un mayor aprovechamiento
Orba	3,52	2,22	2,22	Igual a la explotación actual. Se respetan las salidas a Pego-Denia (1,3 hm ³ /año)
Solana de la Llosa	9,40	12,32	9,40	Limitados al valor de los recursos
Sinclinal de Gorgos	4,10	1,30	2,20	Recursos menos volúmenes comprometidos a Jesús Pobre (0,6 hm ³ /año) y Cretácico del Girona (1,3 hm ³ /año)
Depresión de Benisa	17,50	5,00	9,4	70% de los recursos (por problemas de salinidad), menos volúmenes cedidos a Plana de Jávea (1,9 hm ³ /año) y detraídos como propuesta aprovechamiento adicional en el Sinclinal del Gorgos (0,9 hm ³ /año)
Cretácico del Girona	3,90	4,64	3,90	Limitados al valor de los recursos
Jesús Pobre	0,80	0,80	0,80	Igual a la explotación actual
Montgó	4,40 (**)	2,00	2,00	Igual a la explotación actual. La salinización del acuífero no hace recomendable incrementar las extracciones
Plana de Jávea	4,20	4,20	4,20	Igual a la explotación actual
Mediodía	14,39	11,00	11,51	80% de los recursos
Almudaina-Alfaro-Segaría	26,40	13,53	21,12	80% de los recursos
Albuera-Gallinera-Mustalla	57,10	19,70	29,58	80% de los recursos menos salidas al Serpis (8,7 hm ³ /año), Pego-Denia (4 hm ³ /año) y sector de Oliva de la Plana de Gandía-Denia (3,4 hm ³ /año)
Pego-Denia	44,03	28,00	29,72	80% de los recursos menos salidas a Solana de la Llosa (2,5 hm ³ /año), Cretácico del Girona (2,2 hm ³ /año) y marjal (0,8 hm ³ /año)
TOTAL	179,48 (*)	108,61	131,30	

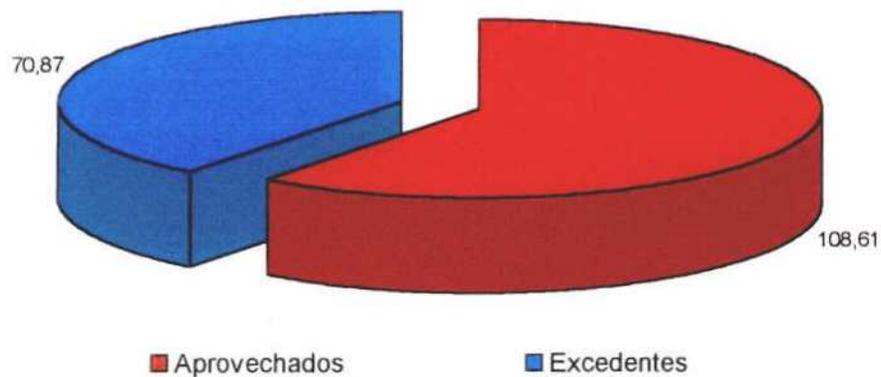
(*) Solo recursos propios. No se contabilizan las transferencias internas entre acuíferos de la Marina Alta (20,83 hm³/año) (**) No se contabilizan las entradas de agua de mar (0,3 hm³/año)

POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS DE LA MARINA ALTA (hm³/año)

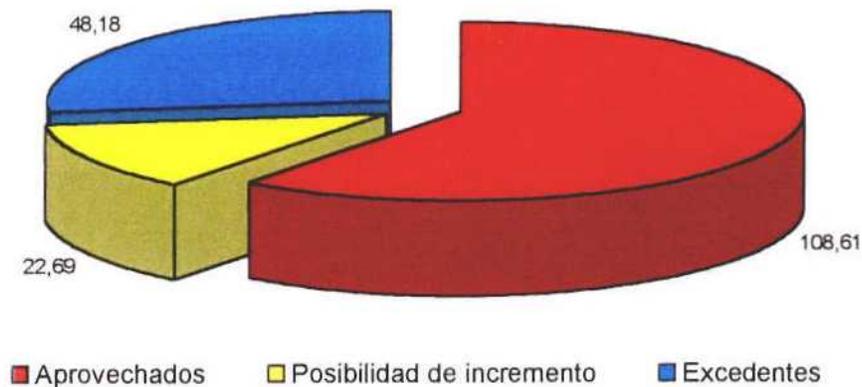


Por supuesto, estos planteamientos no se hacen de forma indiscriminada, sino que se necesitan estudios complementarios con los que determinar los puntos más adecuados para la ubicación de las captaciones y para establecer las condiciones de extracción más idóneas (caudales, régimen de bombeo, volúmenes anuales, ...etc). Esto es especialmente aplicable en aquellos casos como la Depresión de Benisa y Pego-Denia, en los que existen problemas específicos de salinización de sus aguas, así como los relacionados con la marjal de Pego-Oliva, en lo que se refiere a los caudales necesarios para su mantenimiento.

RECURSOS TOTALES Y APROVECHAMIENTOS ACTUALES (hm³/año)



RECURSOS TOTALES Y POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO (hm³/año))



Con las consideraciones enunciadas, y a falta de los estudios de la segunda fase de este proyecto, centrados en los acuíferos relacionados con la marjalería de Pego-Oliva, se obtiene la posibilidad de incrementar el aprovechamiento conjunto de los acuíferos de la Marina Alta en unos **22,69 hm³/año**, tal y como se expone en la tabla de la página siguiente. Esto implica que se podrían explotar hasta un total **131,30 hm³/año**, lo que permitiría disponer de unos excedentes de hasta **48,18 hm³/año**. Estas cifras suponen aumentar en un **12,7 %** los recursos aprovechables que pasarían del **60,5 %** actual (108,61 hm³/año) hasta el **73,2 %**, quedando el **26,8 %** como recursos excedentarios.

Es de resaltar el hecho de que el sistema de explotación propuesto permite disponer de un amplio volumen de recursos con los que contribuir al mantenimiento de la interfase marina en los acuíferos costeros (16,11 hm³/año) y de los usos ambientales de la marjalería de Pego-Oliva (17,5 hm³/año). En este último caso, dicho volúmenes se incrementan con los 14 hm³/año contabilizados en este estudio como aprovechamientos agrícolas en dicha marjal procedentes de los acuíferos de Albuerca-Gallinera-Mustalla y Almudaina-Alfaro-Segaria (utilizados esencialmente para el cultivo del arroz), y los 3,83 hm³/año detraídos del río Racons a su salida de la marjalería, después de cumplir con su función medioambiental (contabilizados en su correspondiente balance como usos urbanos del acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria para el abastecimiento a Denia), por lo que, en principio, el total de recursos disponibles de forma directa o indirecta en este ecosistema alcanza la cifra de **35,33 hm³/año**, equivalente a cerca del **20 %** de los recursos propios de toda la comarca de la Marina Alta, volumen que puede ser considerado como ampliamente suficiente para su conservación.

El esquema expuesto, sin embargo, será determinado con un mayor grado de detalle en los trabajos que se están desarrollando en la segunda fase de este proyecto, que tal y como se ha apuntado con anterioridad se centran en el comportamiento hidrogeológico de los acuíferos relacionados con esta zona húmeda. En este sentido, las investigaciones realizadas hasta el momento no descartan la posibilidad de que el aprovechamiento de las unidades de Albuerca-Gallinera-Mustalla y, especialmente, de Almudaina-Alfaro-Segaria pueda ser incluso superior al asignado en este informe, sin perjudicar por ello al funcionamiento de la marjal.

VARIACIÓN DE APROVECHAMIENTOS Y VOLÚMENES EXCEDENTARIOS RESULTANTES DE LA PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO (hm³/año)

ACUÍFERO	VARIACIÓN ENTRE USOS ACTUALES Y APROVECHAMIENTOS PROPUESTOS (*)	EXCEDENTES POR ACUÍFEROS	DESTINO EXCEDENTES	EXCEDENTES NO COMPROMETIDOS EN OTROS ACUÍFEROS O USOS
Cocoll	0,00	2,65	Ac. Neoc. de Parcent (2,4 hm ³ /año) y man. y río Gorgos (0,25 hm ³ /año)	0,25 (manantiales y río Gorgos)
Peñón	1,35	0,42	Manantial de Murla	0,42 (manantial de Murla)
Neocomiense de Parcent	0,00	0,00		0
Cuaternario de Jalón	0,00	2,25	Ac. Depresión de Benisa (1,5 hm ³ /año), man. y río Gorgos (0,75 hm ³ /año)	0,75 (manantiales y río Gorgos)
Orba	0,00	1,30	Acuífero Pego-Denia	0
Solana de la Llosa	-2,92	0,00		0
Sinclinal de Gorgos	0,90	1,90	Ac. Cretácico del Girona (1,3 hm ³ /año) y Jesús Pobre (0,6 hm ³ /año)	0
Depresión de Benisa	4,40	7,20 (**)	Plana de Jávea (1,9 hm ³ /año) y mar (5,3 hm ³ /año)	5,3 (mar)
Cretácico del Girona	-0,74	0,00		0
Jesús Pobre	0,00	0,00		0
Montgó	0,00	2,70	Ac. Pego-Denia (0,7 hm ³ /año) y mar (2 hm ³ /año)	2 (mar)
Plana de Jávea	0,00	0,00		0
Mediodía	0,51	2,88	Ac. Pego-Denia (1,53 hm ³ /año) y salidas por manantiales (1,35 hm ³ /año)	1,35 (manantiales)
Almudaina-Alfaro-Segaría	7,59	5,28	Salidas río Racons	5,28 (río Racons)
Albuerca-Gallinera-Mustalla	9,88	27,52	Salidas a Pego-Denia (4 hm ³ /año), sector Oliva (3,4 hm ³ /año), río Serpis (8,7 hm ³ /año), Bullens y marjalería Pego-Oliva (11,42 hm ³ /año)	11,42 (río Bullens y marjalería) 8,7 (río Serpis)
Pego-Denia	1,72	14,31	Ac. Solana de la Llosa (2,5 hm ³ /año), Cretácico Girona (2,2 hm ³ /año), marjal (0,8 hm ³ /año) y mar (8,81 hm ³ /año)	0,8 (marjalería) 8,81 (mar)
TOTAL	22,69			

(*) Los déficits serían compensados en el resto de los acuíferos (**) Los recursos se han reducido en 0,9 hm³/año por detracciones en el Sinclinal del Gorgos

BIBLIOGRAFÍA

- CHJ (1990). “Estudio integral de las cuencas de los ríos Girona y Gorgos y el posible incremento de sus disponibilidades hídricas mediante métodos de corrección y recarga”.
- CHJ-ITGE (1989). “Proyecto de delimitación del perímetro de protección del abastecimiento a Benisa (Alicante)”. Convenio de colaboración y asistencia técnica, año 1989.
- CONSORCIO PARA EL ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO DE LA MARINA ALTA (ALICANTE) (julio-1993). “Construcción de las obras y gestión del servicio de elevación almacenamiento, transporte y distribución en alta de agua potable a los municipios consorciados, mediante captaciones en Vall de Gallinera”.
- COPUT (1993). “Estudio de las relaciones del flujo subterráneo existentes entre la Plana de Gandía y los macizos carbonatados adyacentes”.
- DPA (1993-1995). “Optimización de explotaciones en municipios provinciales. Instalaciones electromecánicas”. Fase I, Fase II y Fase III.
- DPA (1992). “Mapa del Agua. Provincia de Alicante”.
- GENERALITAT VALENCIANA. COPUT (1995). “Plan de actuaciones en materia de abastecimiento de agua potable a los municipios de la Comunidad Valenciana”.
- IGME (1981) “Control de caudales diarios en fuentes, golas y ríos de la cuenca media y baja del río Júcar. Periodo octubre 1977-septiembre 1981”.
- IGME (1985). “Proyecto para el establecimiento de normas de explotación de los acuíferos en la zona de Gandía-Denia-Jávea y Cabecera del Vinalopó (1984-85)”.
- IGME (1985). “Proyecto para la preparación de un informe actualizado de los recursos hidráulicos subterráneos disponibles en el área de Oliva-Pego”.
- IGME (1986). “ Líneas directrices para la explotación del acuífero Salem-Albuerca-Gallinera-Mustalla”.
- IGME (1987). “Estudios hidrogeológicos para abastecimiento, notas técnicas de asesoramiento hidrogeológico, seguimiento y control de sondeos. (Jávea, Calpe, Salem-Albuerca)”.
- IGME (1987). “Recomendaciones para la gestión del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla. Campo de bombeo de Lorcha”
- IGME (1987). “Seguimiento y control de la explotación del sistema hidrogeológico Albuerca-Gallinera-Mustalla”.
- IGME (1988). “Estudio de la posible incidencia de la explotación del Sistema Albuerca-Gallinera-Mustalla”.

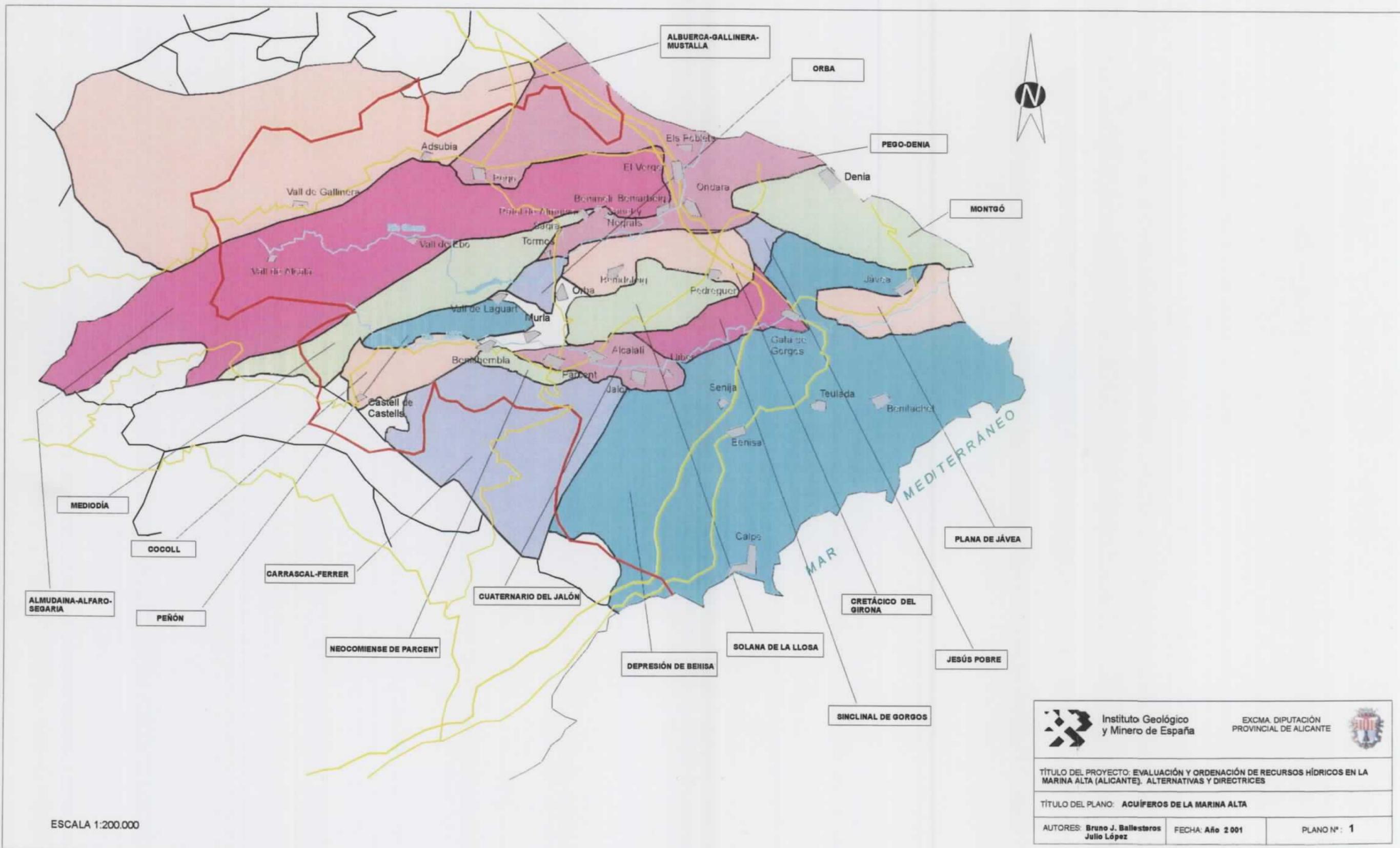
- IGME (1989). "Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana". Valencia, 1986; Madrid, 1988.
- IGME-DPA (1982). "Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento de agua al municipio de Jalón, Alicante".
- IGME-DPA (1982). "Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento de agua al municipio de Llíber, Alicante".
- IGME-DPA (1982). "Estudio sobre los recursos de agua en el término de Benichembla (Alicante)".
- IGME-DPA (1984). "Estado actual de los recursos hidráulicos en el término municipal de Denia. Dictamen sobre las posibilidades de abastecimiento a Denia desde captaciones ubicadas en su término, o pertenecientes a entidades de este municipio. (Alicante)".
- IGME-DPA (1984). "Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento de agua a las localidades de Jávea y Gata de Gorgos. (Alicante)".
- IGME-DPA (1984). "Estudio Hidrogeológico para abastecimiento a la localidad de Ondara, (Alicante)".
- IGME-DPA (1985). "Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento a la localidad de Benitachell, (Alicante)". Octubre 1985.
- IGME-DPA (1986). "Estudio Hidrogeológico para abastecimiento urbano de Murla (Alicante)".
- IGME-DPA (1987). "Campanías de aforos para el control del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla".
- IGME-DPA (1987). "Seguimiento y control de la explotación del Sistema Hidrogeológico Albuerca-Gallinera-Mustalla".
- ITGE-DPA (1988). "Posibilidades de captación de aguas subterráneas en los términos municipales de Tormos y Vall de Laguart, para abastecimiento público a Calpe (Alicante)".
- ITGE (1989). "Estudio para la regulación y gestión de los recursos hídricos subterráneos del sistema acuífero Mediodía (Alicante)". 1ª Fase.
- ITGE (1990). "Estudio actualizado de los recursos hidráulicos subterráneos en la Marina Alta (Alicante)". Encuadrado dentro del Plan Hidrológico en "Proyecto para estudios de asesoramiento en materia de aguas subterráneas a organismos de cuenca y comunidades autónomas (1988-1990)".
- ITGE (1990). "Estudio del proceso de contaminación en el acuífero costero de Gandía-Denia por efecto de la intrusión de agua de mar".
- ITGE (1990). "Investigación hidrogeológica para la gestión de la U.H. de Castell de la Solana-Solana de la Llosa".

- ITGE (1993). “Estudio para la regulación y gestión de los recursos hídricos subterráneos del Sistema Acuífero del Mediodía (Alicante)”. 2ª y 3ª fases. Modelo matemático de flujo.
- ITGE-DPA (1989). “Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento de Benidoleig. Alicante”.
- ITGE-DPA (1989). “Perímetros de protección de las captaciones de abastecimiento urbano de las poblaciones de Benisa, Orba, Sot de Ferrer, Calig, Alzamora, Monticlelvo, Genovés y Alacuas. Provincias de Castellón, Valencia y Alicante.
- ITGE-DPA (1990). Análisis de la incidencia de los acuíferos de Salem-Mustalla y Almudaina-Segaria de las futuras extracciones para abastecimiento de la Marina”.
- ITGE-DPA (1990). “Características del acuífero captado por el nuevo sondeo de abastecimiento a Parcent (Alicante)”.
- ITGE-DPA (1992). “Actualización y control de explotaciones. Acuífero Serrella-Aixorta, acuífero Montgó-Denia”. Junio 1992.
- ITGE-DPA (1992). “Determinación y actualización de las explotaciones en el acuífero de Jesús Pobre (Alicante). Julio 1992”.
- ITGE-DPA (1993). “Estudio Hidrogeológico y alternativas para la mejora del abastecimiento urbano a Benisa (Alicante)”. Mayo 1993.
- ITGE-DPA (1993). “ Normas de explotación del acuífero de Millena-Benimasot”.
- ITGE-DPA (1993). “ Propuesta de normas de explotación y perímetro de protección del acuífero de Beniarbeig (Alicante)”.
- ITGE-DPA (1993). “ Propuesta de normas de explotación y perímetro de protección del acuífero de Benicadell (Alicante)”.
- ITGE-DPA (1994). “Estudio de las posibilidades de incorporación de los métodos naturales de depuración a la gestión y posterior reutilización de aguas residuales urbanas. Provincia de Alicante”.
- ITGE (1995) Proyecto para el control piezométrico, hidrométrico y de calidad de las cuencas media y baja del Júcar.
- ITGE-DPA (1996). “Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento urbano de Adsubia (Alicante). Mejora del aprovechamiento del manantial de la Umbría”.
- ITGE-DPA (1996). “Evaluación de la recarga artificial mediante pozos con galerías en el acuífero Plana de Gandía-Denia. Términos municipales de Vergel y Els Poblets (Alicante)”.
- ITGE-DPA (1997). “Manual del Ciclo Integral del Agua. Municipio de Orba”. Estado actual. Alternativas y Directrices.
- ITGE-DPA (1998). “ Ordenación de los recursos hídricos en el Valle del Jalón. Alternativas y directrices”.

- ITGE-DPA (1998). “Recarga artificial mediante actuaciones en el cauce de río Gorgos. Acuífero detrítico de Jávea (Alicante). Estudio de excedentes hídricos, análisis de zonas favorables para la ubicación de dispositivos de infiltración y propuestas de construcción de instalaciones de recarga artificial”, dentro del proyecto “Análisis previo de los resultados de la operaciones de recarga artificial en Orba, Jijona y cuenca del Gorgos”.
- ITGE-DPA (1999). “Análisis del estado actual de regulación de los recursos hídricos en la Marina Baja. Reglas de operación y recomendaciones de gestión”.
- PULIDO A. (1979). Contribución al conocimiento de la hidrogeología del Prebético Nororiental (Provincias de Alicante y Valencia). Tesis doctoral. Memoria del Instituto Geológico y Minero de España. Servicio de publicaciones Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- PULIDO A. y BENAVENTE J. (1988). “Contribución de la deconvolución al estudio de la descarga de la Unidad Alfaro-Mediodía-Segaria (Alicante)”. Universidad de Granada, Departamento de Geodinámica.

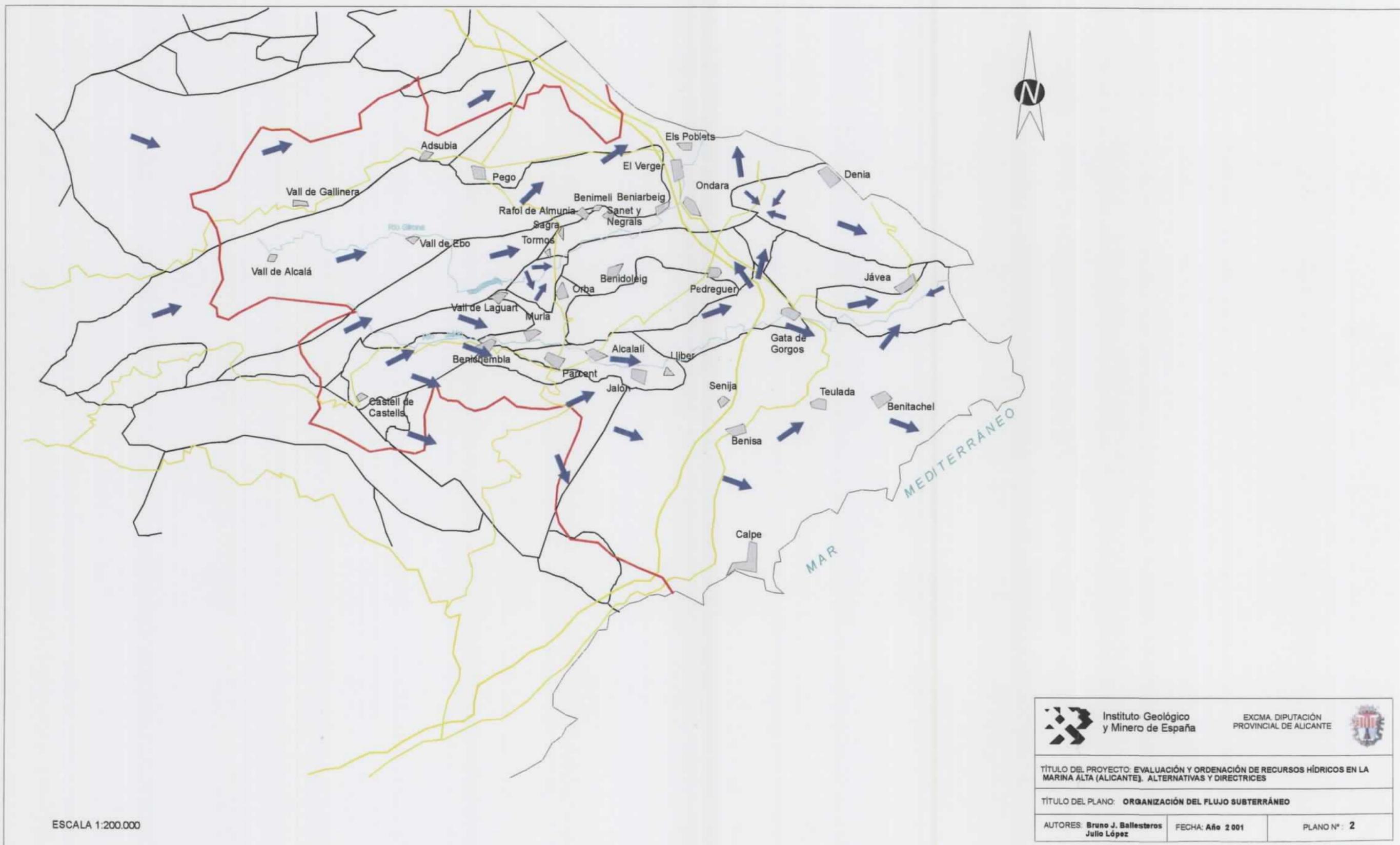
PLANOS





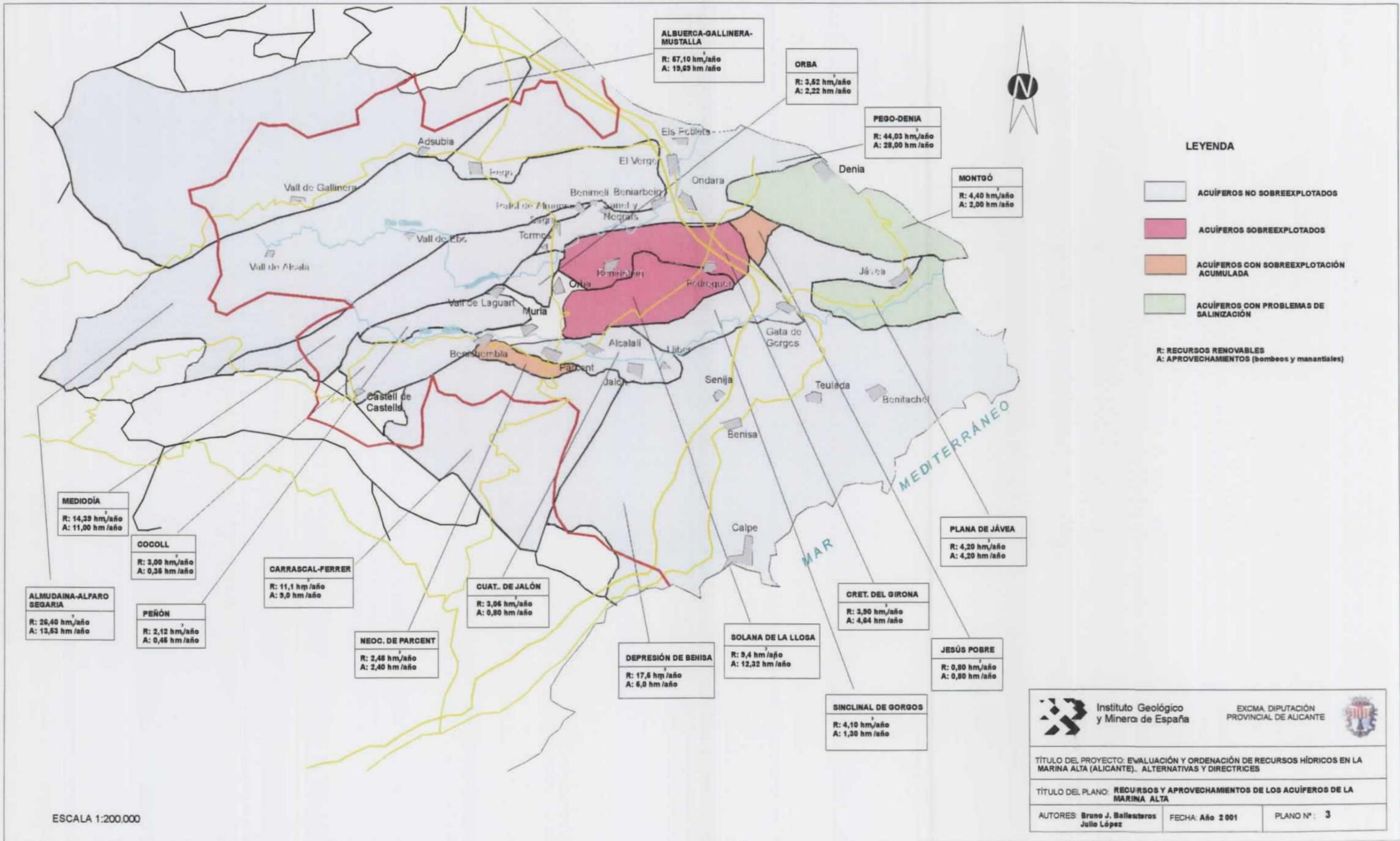
ESCALA 1:200.000

 Instituto Geológico y Minero de España		EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE 	
TÍTULO DEL PROYECTO: EVALUACIÓN Y ORDENACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA MARINA ALTA (ALICANTE). ALTERNATIVAS Y DIRECTRICES			
TÍTULO DEL PLANO: ACUÍFEROS DE LA MARINA ALTA			
AUTORES: Bruno J. Ballesteros Julio López		FECHA: Año 2001	PLANO Nº: 1



ESCALA 1:200.000

	<p>Instituto Geológico y Minero de España</p>	<p>EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE</p>	
<p>TÍTULO DEL PROYECTO: EVALUACIÓN Y ORDENACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA MARINA ALTA (ALICANTE). ALTERNATIVAS Y DIRECTRICES</p>			
<p>TÍTULO DEL PLANO: ORGANIZACIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO</p>			
<p>AUTORES: Bruno J. Ballesteros Julio López</p>	<p>FECHA: Año 2001</p>	<p>PLANO N°: 2</p>	



ALBUERGA-GALLINERA-MUSTALLA
R: 67,10 hm/año
A: 19,63 hm/año

ORBA
R: 3,52 hm/año
A: 2,22 hm/año

PEGO-DENIA
R: 44,03 hm/año
A: 28,00 hm/año

MONTGÓ
R: 4,40 hm/año
A: 2,00 hm/año

MEDIODÍA
R: 14,39 hm/año
A: 11,00 hm/año

COCOLL
R: 3,00 hm/año
A: 0,36 hm/año

ALMUDAINA-ALFARO SEGARIA
R: 26,40 hm/año
A: 13,53 hm/año

PEÑÓN
R: 2,12 hm/año
A: 0,46 hm/año

CARRASCAL-FERRER
R: 11,1 hm/año
A: 9,0 hm/año

NEOC. DE PARCENT
R: 2,48 hm/año
A: 2,40 hm/año

CUAT. DE JALÓN
R: 3,06 hm/año
A: 0,80 hm/año

DEPRESIÓN DE BENISA
R: 17,6 hm/año
A: 6,0 hm/año

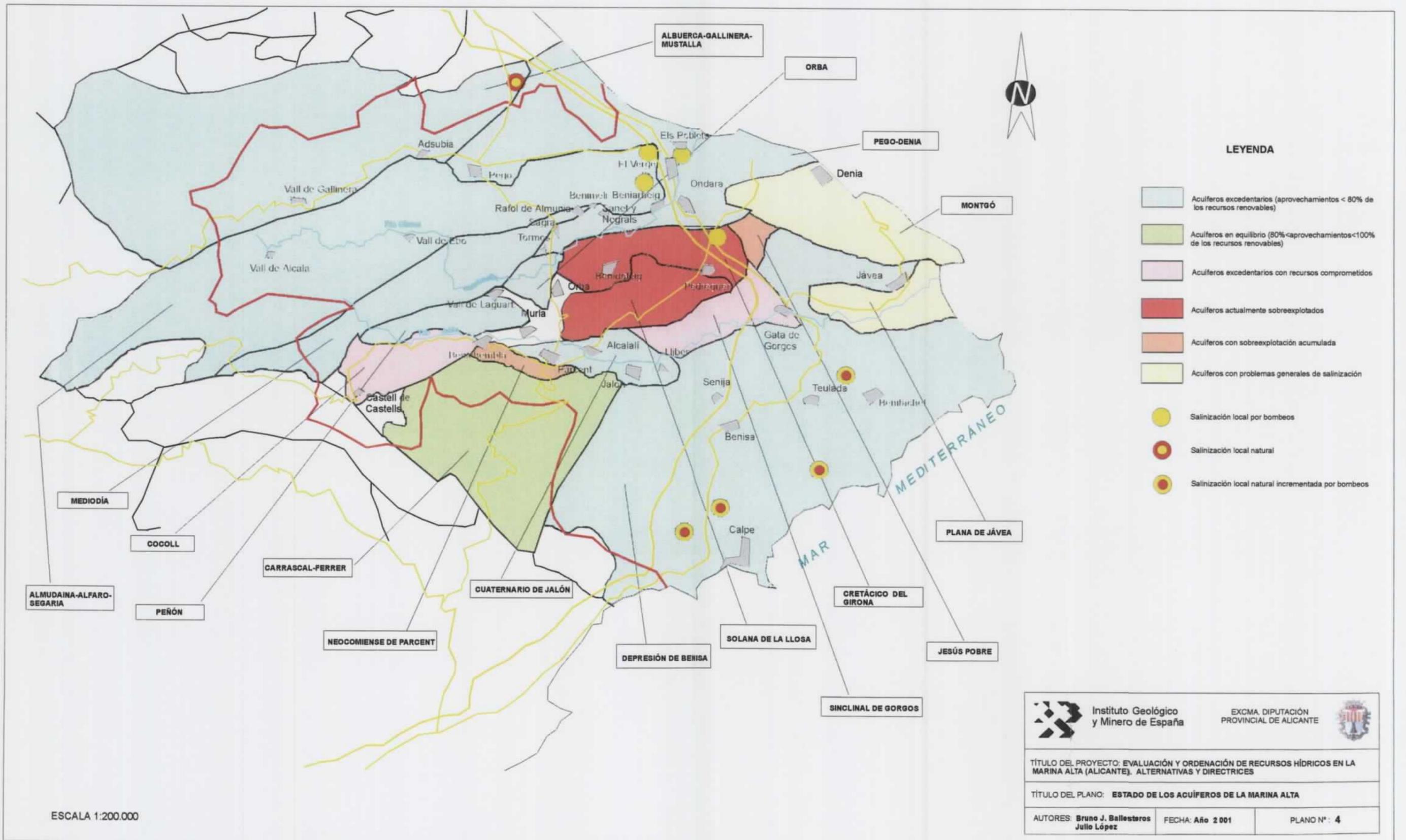
SOLANA DE LA LLOSA
R: 9,4 hm/año
A: 12,32 hm/año

CRET. DEL GIRONA
R: 3,90 hm/año
A: 4,64 hm/año

PLANA DE JÁVEA
R: 4,20 hm/año
A: 4,20 hm/año

JESÚS POBRE
R: 0,80 hm/año
A: 0,80 hm/año

SINCLINAL DE GORGOS
R: 4,10 hm/año
A: 1,30 hm/año



LEYENDA

- Acuíferos excedentarios (aprovechamientos < 80% de los recursos renovables)
- Acuíferos en equilibrio (80%-aprovechamientos<100% de los recursos renovables)
- Acuíferos excedentarios con recursos comprometidos
- Acuíferos actualmente sobreexplotados
- Acuíferos con sobreexplotación acumulada
- Acuíferos con problemas generales de salinización
- Salinización local por bombeos
- Salinización local natural
- Salinización local natural incrementada por bombeos

ESCALA 1:200.000

 <p>Instituto Geológico y Minero de España</p>	<p>EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE</p> 	
<p>TÍTULO DEL PROYECTO: EVALUACIÓN Y ORDENACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA MARINA ALTA (ALICANTE). ALTERNATIVAS Y DIRECTRICES</p>		
<p>TÍTULO DEL PLANO: ESTADO DE LOS ACUÍFEROS DE LA MARINA ALTA</p>		
<p>AUTORES: Bruno J. Ballesteros Julio López</p>	<p>FECHA: Año 2001</p>	<p>PLANO Nº: 4</p>