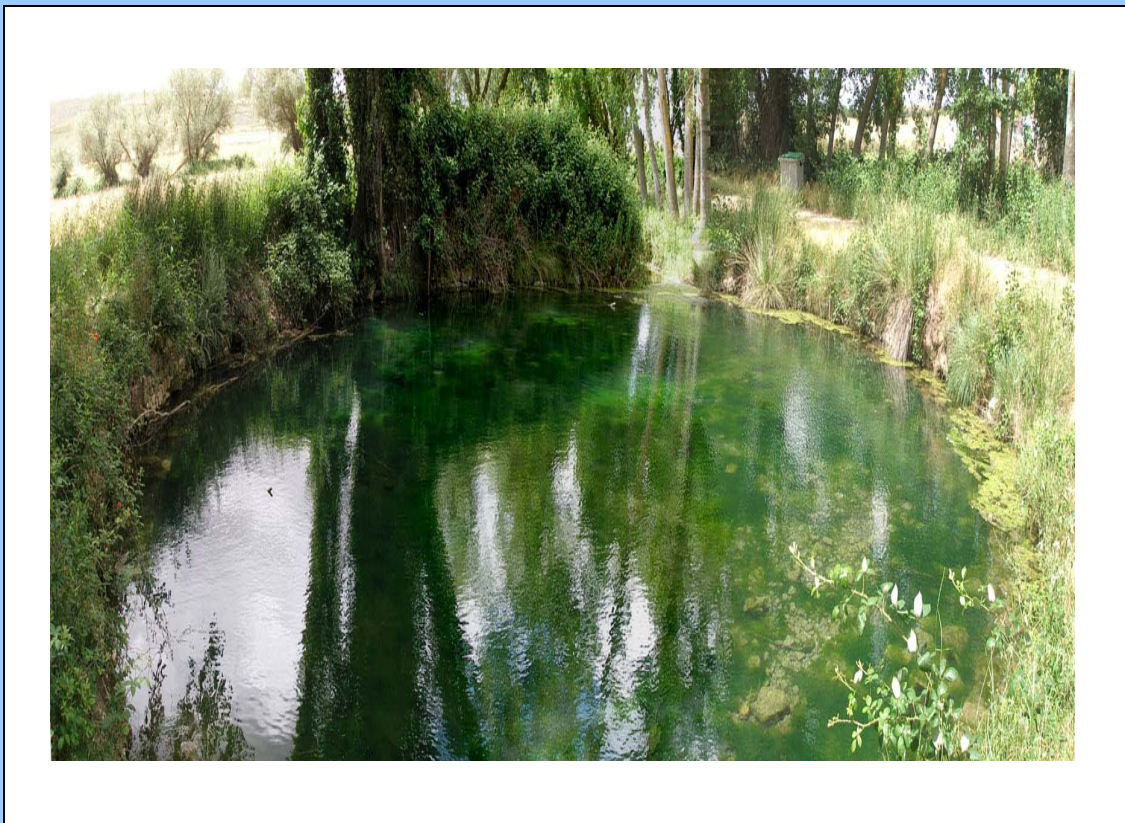


ACTUALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA “SIERRA DE ALTOMIRA (041.001)”



Convenio específico de colaboración entre la Excm. Diputación de Cuenca y el Instituto Geológico y Minero de España para mejora del conocimiento hidrogeológico.

junio 2011

Foto portada: Nacimiento de Fuenterrredonda (Martinez Parra, Marc).

El presente documento ha sido elaborado por :

Jose Angel Díaz Muñoz. Área de Investigación de Recursos Hidrogeológicos . IGME.

Marc Martínez Parra. Área de Infraestructura Hidrogeológica. IGME.

Almudena de la Losa Román. Área de investigación en procesos activos y calidad ambiental. IGME.

Con la colaboración de:

Silvino Castaño Castaño. IGME. Responsable del Convenio IGME/CEDEX

Marifé Diéz Texeira. CEDEX

Esther Alonso Marín. Área de Investigación de Recursos Hidrogeológicos . IGME.

Carlos Maranchón. Área de Investigación de Recursos Hidrogeológicos . IGME.

Bajo la dirección de:

Miguel Mejías Moreno. Jefe del Área de Infraestructura Hidrogeológica. IGME.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	10
2. ENCUADRE GEOGRÁFICO	11
3. RECOPIACIÓN Y SINTESIS DE LA INFORMACIÓN.	15
4. CLIMATOLOGÍA	15
4.1. METODOLOGÍA	15
4.2. ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA	16
4.3. ANÁLISIS DE LA PLUVIOMETRÍA	18
4.3.1. Estaciones pluviométricas utilizadas.....	18
4.3.2. Pluviometría anual correspondiente al año medio.....	19
4.4. EVOTRANSPIRACIÓN Y LLUVIA ÚTIL.....	21
4.4.1. Evapotranspiración potencial	21
4.4.2. Evapotranspiración real y lluvia útil.....	21
4.5. CÁLCULO DE LAS APORTACIONES.....	23
5. HIDROLOGÍA	24
5.1. ANÁLISIS DE DATOS CORRESPONDIENTES A ESTACIONES DE AFOROS	25
5.1.1. Trabajo de campo.....	30
5.2. RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO	32
5.2.1. Ríos ganadores	33
5.2.2. Ríos perdedores	35
6. MARCO GEOLÓGICO	37
6.1. ESTRATIGRAFIA	37
6.1.1. MESOZOICO	43
6.1.2. Terciario.....	47
6.1.3. CUATERNARIO	48
6.2. ESTRUCTURA.....	49
7. MARCO HIDROGEOLOGICO REGIONAL	52
7.1. FORMACIONES ACUÍFERAS.	55
ACUÍFEROS JURÁSICOS	
ACUÍFEROS CRETÁVICOS.	69
ACUÍFEROS Terciarios.....	83
ACUÍFEROS CUATERNARIOS.....	86
RELACIÓN ACUÍFEROS JURÁSICOS Y CRETÁVICOS	
APTITUD PARA CONSUMO	100
7.2. HUMEDALES	102
7.2.1. EVOLUCIÓN ISOTÓPICA DE LOS ACUIFEROS Y LAS LAGUNAS.....	108
7.3. MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL	111
8. VULNERABILIDAD	113
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	123

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Situación de la MASb 041.001 dentro de la cuenca del Guadiana.
Figura 2. Mapa digital de elevaciones. MDT 100.
Figura 3. Distribución provincial.
Figura 4. Distribución términos municipales.
Figura 5. Distribución de las isoyetas correspondiente al año tipo medio.
Figura 6. Distribución de las isoclinas de lluvia útil para el año tipo medio.
Figura 7. Principales cursos fluviales del área de la MASb Sierra de Altomira.
Figura 8. Situación de los puntos donde se realizan los aforos.
Figura 9. Representación de las relaciones río-acuífero.
Figura 10. Situación espacial de las columnas hidrogeológicas.
Figura 11. Corte geológico de la MASb 041.001
Figura 12. Principales estructuras diferenciables.
Figura 13. Distribución de MASb correspondientes a la Cuenca Alta del Guadiana.
Figura 14. Subacuíferos jurásicos definidos para el presente estudio.
Figura 15. Sondeo Hontanaya , en el S.A. Hontanaya y El Marañar en el S.A. Almonacid-San Clemente.
Figura 16. Aproximación al funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos jurásicos de las MASb estudiadas. En rojo las isopiezas con información de datos provenientes de los últimos 15 años.
Figura 17. Aproximación al funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos jurásicos de las MASb estudiadas. 2010.
Figura 18. Evolución piezométrica S.A.J. Saelices.
Figura 19. Evolución piezométrica S.A.J. Cervera del Llano.
Figura 20. Evolución piezométrica S.A.J. Sierra de Almenara.
Figura 21. Evolución piezométrica S.A.J. Almonacid-San Clemente.
Figura 22. Evolución piezométrica S.A.J. Hontanaya.
Figura 23. Evolución piezométrica S.A.J. Pliegues Mota del Cuervo.
Figura 24. Evolución piezométrica S.A.J. Hinojosos.
Figura 25. Evolución piezométrica S.A.J. Campo de Criptana.
Figura 26. Subacuíferos cretácicos definidos para el presente estudio.
Figura 27. Fuenterrredonda.
Figura 28. Corte geológico interpretativo de la estructura de la S.A.C. Villares del Saz y la relación de los tres sondeos perforados en Cervera del Llano.
Figura 29. Esquema hidrogeológico del área de Santa María de los Llanos
Figura 30. Columna geológica de Fuentelespino de Haro.
Figura 31. Aproximación al funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos cretácicos de las MASb estudiadas. En rojo, las isopiezas elaboradas con datos provenientes de los últimos 15 años.
Figura 32. Aproximación al funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos cretácicos de las MASb estudiadas. 2010
Figura 33. Evolución piezométrica S.A.C. Pliegues Mota del Cuervo.
Figura 34. Evolución piezométrica S.A.C. Carrascosa de Haro-Belmonte.
Figura 35. Evolución piezométrica S.A.C. Carrascosa de Haro-Belmonte (2)..
Figura 36. Evolución piezométrica S.A.C. Villares del Saz.
Figura 37. Evolución piezométrica S.A.C. Montalbo.
Figura 38. Evolución piezométrica S.A.C. Fuentelespino de Haro.
Figura 39. Evolución piezométrica S.A.C. Castillo de Garcimuñoz.
Figura 40. Sondeo de La Montesina II donde se reflejan los dos niveles piezométricos de los acuífero jurásico y cretácico.
Figura 41. Fuente Cahorzo (Hontanaya) y Fuente de La Hinojosa (La Hinojosa)
Figura 42. Distribución de las áreas con presencia de calizas terciarias, ubicación de los sondeos empleados.
Figura 43. Distribucion espacial de diagramas de Stiff.
Figura 44. Diagrama de Piper-Hill-Langelier con las aguas de los acuíferos jurásicos.
Figura 45. Contenidos en mg/L de sulfatos y nitratos en las captaciones de los SAJ.

- Figura 46. Perfil litológico y constructivo de MONTALBO-2, junto a la evolución de la conductividad en profundidad.
- Figura 47. Relaciones iónicas de los SAJ.
- Figura 48. Diagrama de Piper-Hill-Langelier con las aguas de los acuíferos cretácicos.
- Figura 49. Contenido en mg/L de sulfatos y nitratos.
- Figura 50. Relaciones iónicas de los SAC.
- Figura 51. Concentración (mg/l) de nitratos.
- Figura 52. Concentración (mg/l) de sulfatos.
- Figura 53. Lagunas y humedales estudiados.
- Figura 54. Fotos aéreas de la laguna del Pueblo y las de Manjavacas, Sánchez Gómez y Dehesilla, en Mota del Cuervo. Obsérvese como se encuentran rodeadas de campo y la influencia que puede tener en la calidad de las aguas.
- Figura 55. Esquema geológico de algunas de las lagunas.
- Figura 56. Laguna de Taray y Laguna de La Quebrada.
- Figura 57. Diagrama de Piper-Hill-Langelier con la representación de las aguas de las lagunas analizadas.
- Figura 58. Gráfico %D/%O-18 de los diversos SAJ y SAC descritos.
- Figura 59. Correlación lineal para los SAJ y SAC.
- Figura 60. Gráfico %D/%O-18 de las lagunas estudiadas.
- Figura 61. Correlación lineal para los SAJ y SAC.
- Figura 62. Flujo de aguas subterráneas entre MASb.
- Figura 63. Mapa de Vulnerabilidad.
- Figura 64. Evolución piezométrica en 2128-3-0006 y 2228-3-0001
- Figura 65. Distribución de volúmenes consolidados. Fte. CHG,2007.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Distribucion de altitudes. Mapa digital de elevaciones. MDT 100.
Tabla 2.	Usos del suelo. Corine Land Cover 2000.
Tabla 3.	Estaciones termométricas seleccionadas.
Tabla 4.	Temperatura media anual.
Tabla 5.	Estaciones pluviométricas seleccionadas.
Tabla 6.	Precipitación anual para los años tipo (mm).
Tabla 7.	Evapotranspiración potencial media anual.
Tabla 8.	Resumen de caudales del río Cigüela.
Tabla 9.	Resumen de las aportaciones Cigüela.
Tabla 10.	Resumen de caudales del río Zancara.
Tabla 11.	Resumen de las aportaciones Zancara.
Tabla 12.	Puntos de aforo.
Tabla 13.	Caudales obtenidos tras los aforos realizados y recomendaciones propuestos.
Tabla 14.	Puntos de aforo finales y caudales.
Tabla 15.	Resumen de puntos de aforo y comparativo histórico.
Tabla 16.	Hojas MAGNA. 1:50.000 incluidas total o parcialmente en la MASb Sierra de Altomira.
Tabla 17.	Extensión (km ²) de los diferentes afloramientos.
Tabla 18.	Datos de situación de los sondeos recopilados.
Tabla 19.	Límites hidrogeológicos de la MASb.
Tabla 20.	Espesor de los acuíferos.
Tabla 21.	Red de control piezométrica controlada por el IGME.
Tabla 22.	Red de control piezométrica controlada por la CHG.
Tabla 23.	Principales facies de los S.A.J.
Tabla 24.	Características físico-químicas de las aguas jurásicas de facies bicarbonatada cálcica y mixta.
Tabla 25.	Características físico-químicas de las aguas jurásicas de facies sulfatada cálcica.
Tabla 26.	Contenidos mínimos, medios y máximos para cada SAJ.
Tabla 27.	Principales facies hidroquímicas de los S.A.C.
Tabla 28.	Características medias de las aguas sulfatadas cálcicas, mixtas y bicarbonatadas cálcicas de los acuíferos cretácicos de Sierra de Altomira.
Tabla 29.	Contenidos mínimos, medios y máximos para cada SAC
Tabla 30.	Valores estadísticos descriptivos de las aguas de los acuíferos detríticos terciarios en Sierra de Altomira.
Tabla 31.	Valores estadísticos descriptivos de las aguas de los acuíferos carbonatados
Tabla 32.	Humadales visitados.
Tabla 33.	Vulnerabilidad. Superficie y % en la MASb, 041.001, Método COP.
Tabla 34.	Resumen de las variaciones de cota piezométrica en los SAJ y SAC con información periódica. Para los subsistemas con varios piezómetros se ha empleado el de mayor número de medidas.

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Mapa geológico continuo a escala 50.000.

ÍNDICE DE FOTOS

Fotografía 1. Aforo en el río Záncara. Método del molinete.

Fotografía 2. Laguna de El Hito

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Columnas geológicas.

Anexo 2. Gráficos de evolución piezométrica.

Anexo 3. Diagramas de Piper.

Anexo 4. Puntos que superan en tres elementos la Reglamentación Técnica Sanitaria (RD 140/2003).

Anexo 5. Diagrama Schoeller- Berkalof.

Anexo 6. Lagunas visitadas.

1. INTRODUCCIÓN

Desde 1980 se ha suscrito periódicamente un Convenio Marco de Asistencia Técnica entre el IGME y la Diputación de Cuenca, asesorando a la Diputación en materia de aguas subterráneas, sobre todo a la ampliación del conocimiento hidrogeológico regional y a la utilización racional de los recursos hídricos.

El presente trabajo, referente a la mejora del conocimiento en la masa de agua subterránea MASb (041.001) Sierra de Altomira, forma parte de dichas actividades.

El ámbito territorial de la actual MASb ha variado a lo largo del tiempo. Los primeros antecedentes corresponden a los Sistemas Acuíferos 19 y 20 (SA 19 y SA 20), que posteriormente se establecieron como Unidad Hidrogeológica 04.01 Sierra de Altomira, en el Plan de la Cuenca Hidrográfica del Guadiana de 1998.

Las actuaciones realizadas por el IGME han sido muy numerosas y la tipología muy variada. Históricamente muchos de los trabajos realizados fueron dentro de su labor de investigación en el ámbito de los recursos de la Tierra y, específicamente, dentro de las aguas subterráneas. Durante los años 70, el IGME realizó el “Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas” (PIAS), encuadrado dentro del “Plan Nacional de Investigación Minera” (PNIM), “Investigación hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media del Río Guadiana”, Proyecto de conservación y gestión de las aguas subterráneas en la Cuenca Alta del Río Guadiana”, etc. Mas recientemente, se ha continuado con los trabajos de investigación, con la realización de estudios hidrogeológicos, informes para abastecimiento de población, informes de perímetros de protección para captaciones, etc.

En el marco del presente convenio, desde 1980 hasta la actualidad, se ha abastecido con agua a más de 150 localidades en la provincia de Cuenca, lo que ha permitido disponer de un amplio conocimiento hidrogeológico de detalle, municipio a municipio, en relación con los abastecimientos. Se han generado aproximadamente, 500 documentos técnico-científicos, fruto de los diversos convenios con la Diputación, con información veraz de la geometría y extensión de los acuíferos, de datos de piezometría y calidad química de las aguas, de datos de parámetros hidráulicos. Con ello se dispone de una adecuada base para abordar distintos trabajos científicos de índole regional. Asimismo los trabajos realizados en la metodología de perímetros, en los estudios sobre relación humedales-aguas subterráneas y en el desarrollo de métodos paramétricos de estimación de vulnerabilidad, permiten disponer de un adecuado bagaje científico-técnico para abordar los trabajos propuestos en este proyecto.

El objetivo del presente informe es la actualización del conocimiento hidrogeológico, acorde a la nueva delimitación correspondiente a la MASb, con la incorporación de los nuevos datos hidrogeológicos provenientes de los realizados para la Diputación de Cuenca y específicos para el presente documento (columnas litológicas proveniente de sondeos, datos piezométricos, parámetros hidráulicos e hidroquímica).

2. ENCUADRE GEOGRÁFICO

2.1. GENERALIDADES

La zona objeto de estudio se sitúa en la Cuenca Hidrográfica del Guadiana, una de las tres cuencas hidrográficas que constituyen la provincia de Cuenca. Dentro de la Cuenca del Guadiana presenta la disposición mas septentrional, situandose en lo que se conoce como cuenca alta del Guadiana. (Figura 1).

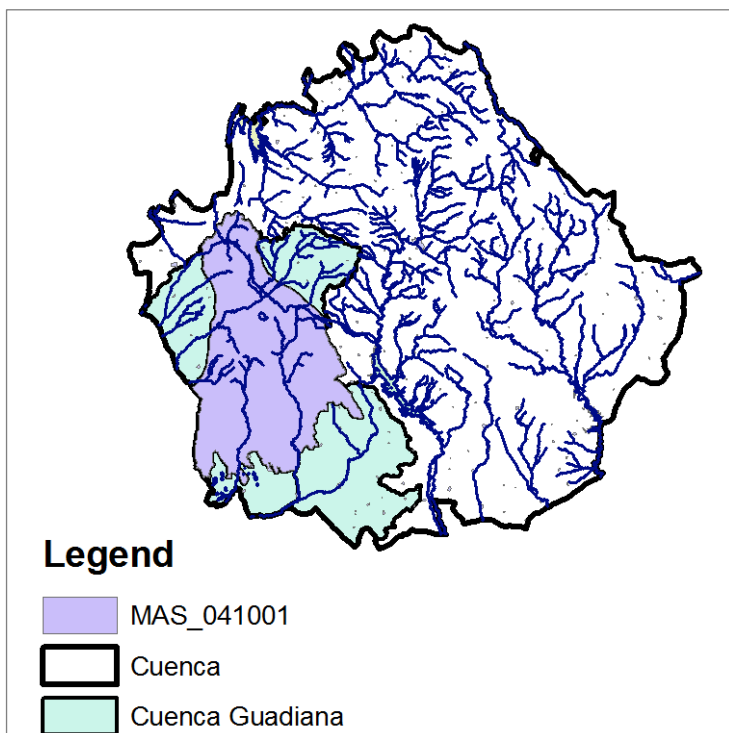
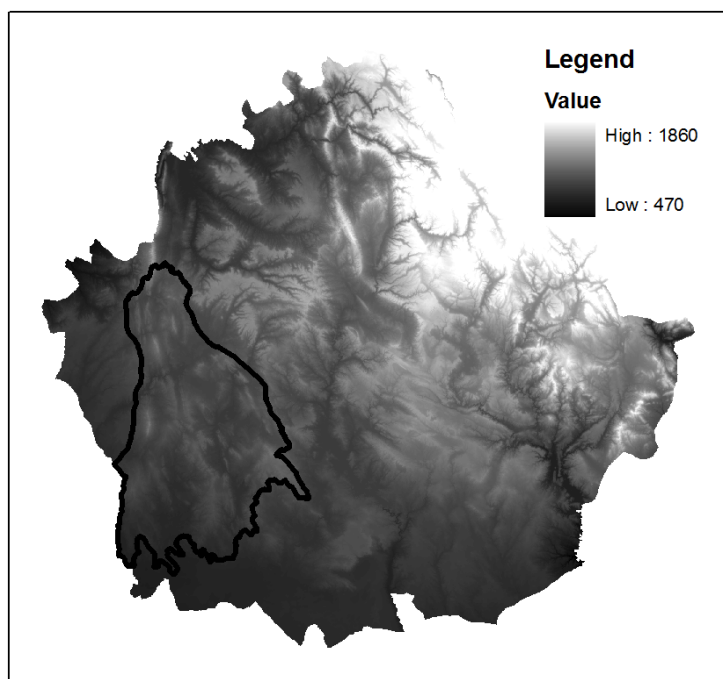


Figura 1. Situación de la MASb 041.001 dentro de la cuenca del Guadiana.



La altimétrica varía desde la cota correspondiente a la meseta, 656 m s.n.m. en el río Tajo, aguas abajo del puente de hierro del Salto de Bollarque, hasta la Sierra de Degollados donde se alcanzan los 1.127 m s.n.m. fijándose la cota media en 822.25 m s.n.m. Tal como se aprecia en el Figura 2.

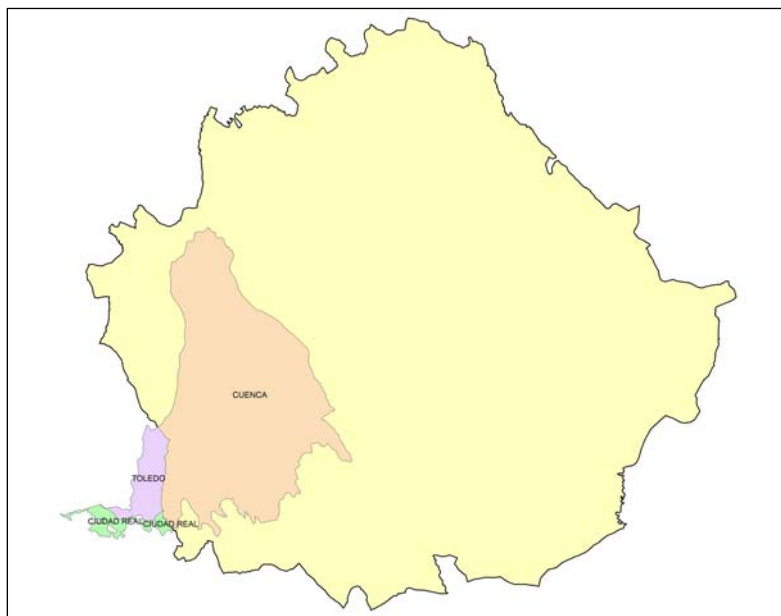
Figura 2. Mapa digital de elevaciones. MDT 100.

En la Tabla 1 se indica la superficie correspondiente en función del rango altimétrico considerado y el porcentaje de terreno referido a la totalidad de la MASb.

Modelo digital de elevaciones		
Rango considerado (m.s.n.m.)		Superficie de la masa (%)
Valor menor del rango	Valor mayor del rango	
656	700	6,129
701	750	12,934
751	800	15,922
801	850	27,643
851	900	24,626
901	950	10,622
951	1127	2,214

Distribución de altitudes	
Altitud (m.s.n.m.)	
Máxima	1127
Mínima	656

Tabla 1. Distribución de altitudes. Mapa digital de elevaciones. MDT 100.



La zona de estudio presenta una superficie de 2.575 km², la cual se extiende por las provincias de Cuenca, casi en su totalidad, alcanzando un 90% (2.306 km²); en la de Toledo se sitúa el 7 % (186 km²) y en la de Ciudad Real el 3 % (81 km²). (Figura 3).

Figura 3. Distribución provincial.

Los principales cursos fluviales que constituyen la red hidrográfica son: el Riansares, Cigüela y Záncara.

La distribución administrativa se desagrega en 62 términos municipales incluidos, total o parcialmente, en la poligonal que delimita dicha MASb y que representa 126.727 habitantes (INE,2007).

En la provincia de Cuenca se disponen 55 de los 62 términos municipales existentes (Figura 4), presentando el 80% una población inferior a los 1.000 habitantes. En la provincia de Ciudad Real solo existen 3 términos municipales, de los cuales dos de ellos presentan una población por encima de los 10.000 hab. (Campo de Criptana y Alcazar de San Juan). En la de Toledo existen 4 términos municipales de los que 1 presenta una población por encima de los 10.000 hab. (Quintanar de la Orden).

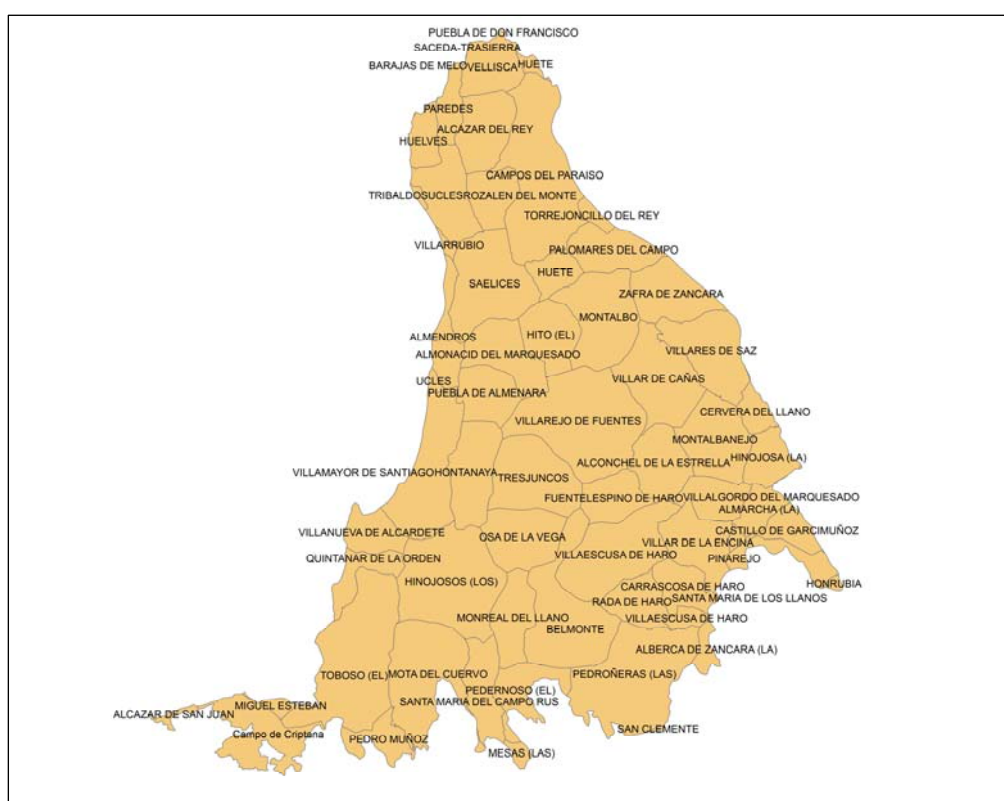


Figura 4. Distribución términos municipales.

2.2. USOS DEL SUELO

Utilizando la información correspondiente al proyecto CORINE (Coordination of Information on the Environment) Land Cover, dirigido por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), donde se desarrolla la creación de una base de datos sobre la cobertura y uso del territorio en la Unión Europea cabe indicarse que el principal uso del suelo es la agricultura en la modalidad de secano, con un porcentaje de ocupación total en la MASb de 60,72 % y seguido del cultivo de viñedos en secano con un 18,38%. La representación porcentual del resto de los usos es muy inferior a los anteriores (Tabla 2).

Actividad	Corine Land Cover 2000	
	Denominación	% en la masa
Aeropuertos	Aeropuertos	0
Vías de transporte	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	0,185
Zonas de regadío	Terrenos regados permanentemente	0
	Cultivos herbáceos en regadío	1,917
	Otras zonas de irrigación	0
	Arrozales	0
	Viñedos en regadío	0
	Frutales en regadío	0
	Cítricos	0
	Frutales tropicales	0
	Otros frutales en regadío	0
	Olivares en regadío	0
	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío	0
	Mosaico de cultivos en regadío	0
	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	0
	Mosaico de cultivos permanentes en regadío	0
	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío	0
Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural	0	
Zonas de secano	Tierras de labor en secano	60,729
	Viñedos en secano	18,381
	Frutales en secano	0
	Olivares en secano	0,281
	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	0
	Mosaico de cultivos en secano	0
	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	0
	Mosaico de cultivos permanentes en secano	0,987
	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano.	6,492
	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	0,107
Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural	1,937	
Zonas de secano	Cultivos agrícolas con arbolado adhesionado	0,046
Zonas quemadas	Zonas quemadas	0
Zonas urbanas	Tejido urbano continuo	0,195
	Tejido urbano discontinuo	0
	Estructura urbana abierta	0,048
	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas	0,075
	Zonas en construcción	0
Zonas verdes urbanas	Zonas verdes urbanas	0
Zonas mineras	Zonas de extracción minera	0,020
Zonas recreativas	Instalaciones deportivas y recreativas	0
	Campos de golf	0
	Resto de instalaciones deportivas y recreativas	0
Praderas	Prados y praderas	0
	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	0
	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado	0

Tabla 2. Usos del suelo. Corine Land Cover 2000.

3. RECOPIACIÓN Y SINTESIS DE LA INFORMACIÓN.

Se ha procedido a la recopilación de la información existente en el área de estudio, informes y estudios realizados con antelación, así como información actualizada de diversa procedencia, como son: CHG (Confederación Hidrográfica del Guadiana), AEMET (Agencia Estatal de Meteorología), INE (Instituto Nacional de Estadística), IGME (Instituto Geológico y Minero de España), etc.

La información geológica utilizada corresponde al GEODE, proyecto desarrollado por el IGME, correspondiente a la Cartografía Geológica Continua Digital a escala 1:50.000.

La información hidrogeológica utilizada ha sido la existente en el fondo de documentación del IGME a partir de los informes y estudios elaborados dentro de los convenios con la Diputación Provincial de Cuenca. Se han incorporado los informes realizados en el marco del presente convenio, lo que representa información correspondiente a más de 150 localidades en toda la provincia de Cuenca. Se han considerado también los trabajos realizados para el establecimiento de zonas de salvaguarda y perímetros de protección para captaciones utilizadas para abastecimiento y los estudios sobre relación humedales-aguas subterráneas.

4. CLIMATOLOGÍA

Se plantea la necesidad de la caracterización climática de la zona de estudio, con el objetivo de cuantificar los aportes hídricos existentes.

4.1. METODOLOGÍA

Como datos de partida se ha utilizado la información remitida por la Agencia Estatal de Meteorología, correspondiente a datos medios mensuales, de precipitación total y temperatura mensual.

La primera etapa correspondiente al tratamiento de los datos y la metodología utilizada ha consistido en la selección de las estaciones pluviométricas y termométricas a utilizar. Para estas, se ha considerado la información correspondiente al periodo 1977-2007. Con posterioridad se ha procedido a la restitución y completado de los datos en dichas series. Se ha realizado mediante la correlación múltiple de series mensuales de precipitación o mediante una función de regresión lineal, en los meses en que no ha sido posible aplicar el primer método.

Tras el análisis de los datos pluviométricos y termométricos, considerando años tipo, se ha procedido al cálculo de la evapotranspiración potencial, evapotranspiración real y lluvia útil.

Loa Intervalos y nº de estaciones consideradas son:

- Series pluviométricas. Registro de 31 años. Desde enero de 1977 hasta diciembre del 2007. Se han considerado un total de 10 estaciones.
- Series termométricas. Registro de 21 años. Desde enero de 1987 hasta diciembre del 2007. Se han considerado un total de 16 estaciones.

4.2. ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA

Ante el número insuficiente de estaciones con series suficientemente amplias, se procedió al completado ortogonal de series entre estaciones próximas y con altimetrías similares.

Los principales datos de localización de las estaciones seleccionadas, se indican en la Tabla 3.

INDICATIVO (AEMET)	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COORDENADAS UTM		ALTITUD (m s.n.m.)
		X	Y	
4 0480	POZORRUBIO SANTIAGO 'TORRELEN'	508441	4407088	755
4 051	VELLISCA	515904	4442248	950
4 061	QUINTANAR DE LA ORDEN	496017	4382513	691
4 064	ALCÁZAR DE SAN JUAN	481747	4359967	664
4 075	VILLARES DEL SAZ	542281	4410376	865
4 089	LA ALBERCA DE ZÁNCARA	543292	4374310	812
4 093	OSA DE LA VEGA	520802	4390556	763
4 095	BELMONTE	525368	4378855	750
4 101	EL TOBOSO	500501	4373788	692
8 126	LA ALMARCHA	552943	4394623	881

Tabla 3. Estaciones termométricas seleccionadas.

Los valores medios anuales de temperatura para las estaciones seleccionadas se presentan en la Tabla 4, siendo el valor de **temperatura media anual** en la zona de **14,2 °C**.

INDICATIVO (AEMET)	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)
4 0480	POZORRUBIO SANTIAGO 'TORRELEN'	13,6
4 051	VELLISCA	14,1
4 061	QUINTANAR DE LA ORDEN	14,6
4 064	ALCÁZAR DE SAN JUAN	15,2
4 075	VILLARES DEL SAZ	14,3
4 089	LA ALBERCA DE ZÁNCARA	14,0
4 093	OSA DE LA VEGA	13,7
4 095	BELMONTE	14,3
4 101	EL TOBOSO	14,8
8 126	LA ALMARCHA	14,0
	MEDIA	14,2

Tabla 4. Temperatura media anual.

4.3. ANÁLISIS DE LA PLUVIOMETRÍA

4.3.1. ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS

En la Tabla 5 se enumeran las estaciones utilizadas para el estudio de pluviometría, donde se indican las coordenadas para su localización.

INDICATIVO (AEMET)	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COORDENADAS UTM		ALTITUD (m s.n.m.)
		X	Y	
4 044	LORANCA DEL CAMPO	524587	4436105	930
4 045	CARRASCOSA DEL CAMPO	522586	4431813	895
4 0480	POZORRUBIO SANTIAGO 'TORRELEN'	508441	4407088	755
4 051	VELLISCA	515904	4442248	950
4 052	HUELVES C.H.G.	509953	4432773	817
4 059E	VILLAMAYOR DE SANTIAGO	506261	4397622	773
4 061	QUINTANAR DE LA ORDEN	496017	4382513	691
4 064	ALCÁZAR DE SAN JUAN	481747	4359967	664
4 075	VILLARES DEL SAZ	542281	4410376	865
4 077	MONTALBANEJO	542823	4398447	908
4 079	VILLALGORDO DEL MARQUESADO	541998	4392585	856
4 083	CASTILLO DE GARCIMUÑOZ	553283	4390188	925
4 089	LA ALBERCA DE ZÁNCARA	543292	4374310	812
4 092	LAS PEDROÑERAS	527558	4366839	704
4 093	OSA DE LA VEGA	520802	4390556	763
4 095	BELMONTE	525368	4378855	750
4 101	EL TOBOSO	500501	4373788	692
4 105	CAMPO DE CRIPTANA	489237	4361680	710
8 126	LA ALMARCHA	552952	4393300	881

(*) P: estación pluviométrica; TP: estación pluvio-termométrica

Tabla 5. Estaciones pluviométricas seleccionadas.

4.3.2. PLUVIOMETRIA ANUAL CORRESPONDIENTE AL AÑO MEDIO

Para la definición del año tipo medio de cada estación se han ajustado las series de valores de precipitación total anual obtenidas para cada estación, a una distribución de Goodrich. Se ha definido el año medio como aquel con un valor de pluviometría anual comprendida entre la probabilidad de 0,35 y 0,65.

Para la determinación del valor correspondiente a la pluviometría anual se ha utilizado la información correspondiente al periodo comprendido desde el año 1977 hasta el año 2007, 31 años.

La **precipitación media anual** en la zona de estudio se ha obtenido como resultado de la media de las 19 estaciones consideradas para el periodo indicado, siendo el valor obtenido de **448,7mm**. Los valores anuales de precipitación para el año medio tipo de cada estación se presentan en la Tabla 6.

La distribución de las isoyetas correspondiente al año tipo medio se representa en la Figura 5. El trazado de estas isolíneas se ha realizado a partir de los valores medios de pluviometría de cada estación. Para aquellas zonas con pocas estaciones se ha utilizado la topografía como referencia para el trazado de estas isoyetas, lo cual es válido teniendo en cuenta la buena correlación existente entre altitud y pluviometría. Los valores más bajos de precipitación corresponden a la zona SE del área de estudio. Las mayores precipitaciones se producen en las zonas más altas de la divisoria de cuencas, con los máximos en el límite N.

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	AÑO MEDIO
4044	LORANCA DEL CAMPO	535,9
4045	CARRASCOSA DEL CAMPO	525,3
40480	POZORRUBIO SANTIAGO 'TORRELEN'	469,6
4051	VELLISCA	598,7
4052	HUELVES C.H.G.	448,6
4059E	VILLAMAYOR DE SANTIAGO	429,5
4061	QUINTANAR DE LA ORDEN	349,1
4064	ALCÁZAR DE SAN JUAN	363,6
4075	VILLARES DEL SAZ	483,8
4077	MONTALBANEJO	499,6
4079	VILLALGORDO DEL MARQUESADO	446,2
4083	CASTILLO DE GARCIMUÑOZ	492,0
4089	LA ALBERCA DE ZÁNCARA	467,4
4092	LAS PEDROÑERAS	395,7
4093	OSA DE LA VEGA	414,9
4095	BELMONTE	413,6
4101	EL TOBOSO	363,0
4105	CAMPO DE CRIPTANA	360,8
8126	LA ALMARCHA	469,0
	MEDIA	448,7

Tabla 6. Precipitación anual para los años tipo (mm).

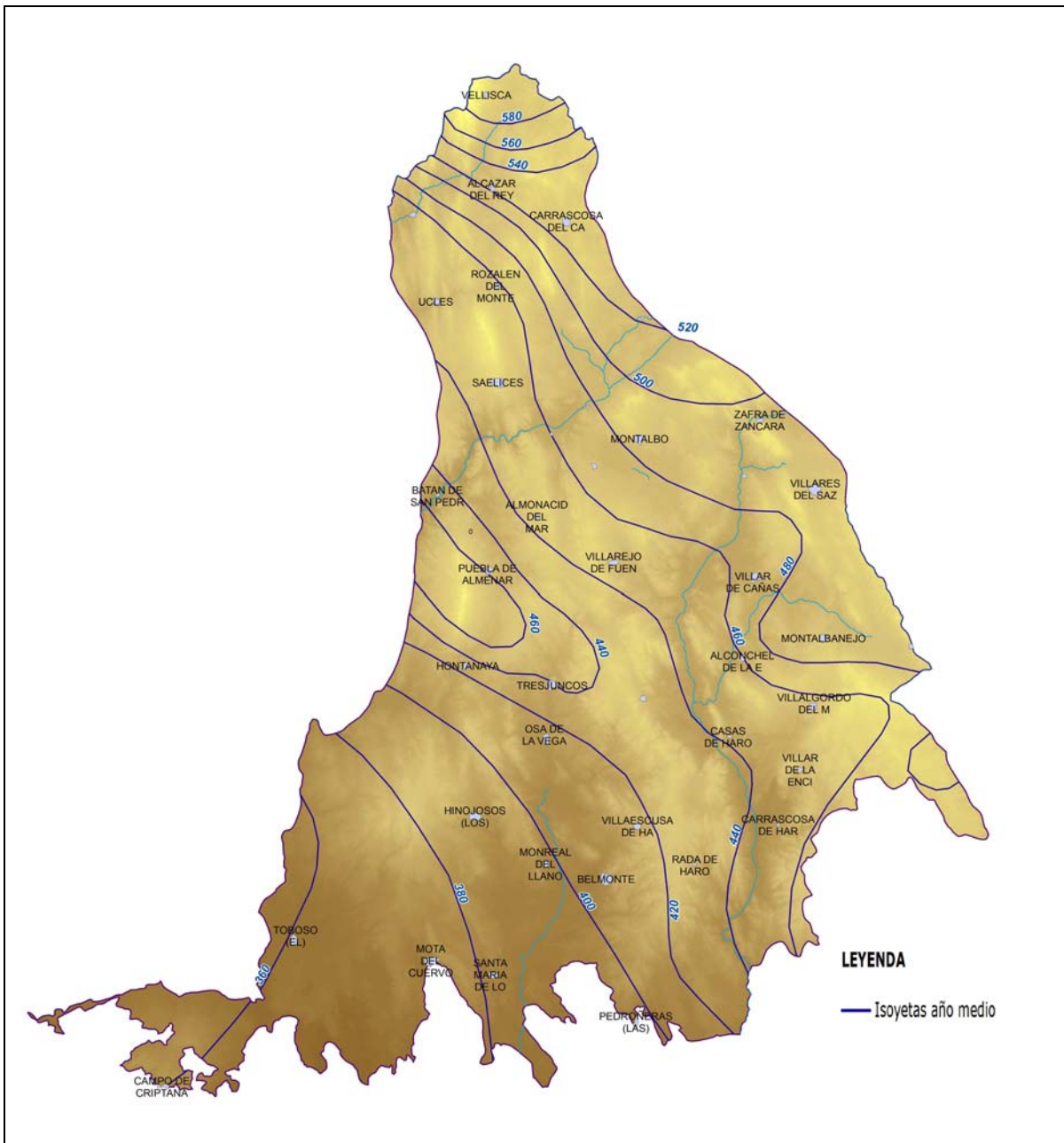


Figura 5. Distribución de las isoyetas correspondiente al año tipo medio.

4.4. EVOTRANSPIRACIÓN Y LLUVIA ÚTIL

4.4.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Para calcular la evapotranspiración potencial (ETP) se ha utilizado el método de Thornthwaite, que proporciona el valor de la ETP mensual a partir de la temperatura media mensual y la latitud de la estación. La **ETP media** de la zona es de **783,6 mm**.

En la tabla 7 se presentan los valores de la ETP media anual para las estaciones termométricas.

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ETP (mm)
4 0480	POZORRUBIO SANTIAGO 'TORRELEN'	751,3
4 051	VELLISCA	776,4
4 061	QUINTANAR DE LA ORDEN	784,3
4 064	ALCÁZAR DE SAN JUAN	832,4
4 075	VILLARES DEL SAZ	784,5
4 089	LA ALBERCA DE ZÁNCARA	774,7
4 093	OSA DE LA VEGA	760,9
4 095	BELMONTE	786,2
4 101	EL TOBOSO	812,3
8 126	LA ALMARCHA	773,0
	MEDIA	783,6

Tabla 7. Evapotranspiración potencial media anual.

4.4.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL Y LLUVIA ÚTIL

Para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR) y de la lluvia útil o escorrentía total se ha utilizado el métodos del balance mensual de agua en el suelo, utilizando la ETP según Thornthwaite, y considerando varias hipótesis de reserva máxima de agua en el suelo.

El cálculo del balance mensual de agua en el suelo ha sido realizado para cada una de las estaciones pluviométricas consideradas, utilizando sus respectivas series de valores mensuales de precipitación para los años tipo medio, y las series mensuales de ETP calculadas por el método de Thornthwaite. Para el desarrollo de este método es necesario estimar un valor de reserva máxima de agua en el suelo o capacidad de campo. Teniendo en cuenta los estudios hidroclimáticos realizados previamente en la zona de estudio, se ha considerado como **capacidad de campo** un valor de **75 mm**.

El resultado del balance hídrico mensual varía en función de la situación geográfica y altimétrica de cada una de las estaciones pluviométricas.

En una precipitación la evaporación y la infiltración de agua irán disminuyendo conforme vaya aumentando la humedad relativa y el estado de inbibición del terreno, aumentando consecuentemente el coeficiente de escorrentía. En la zona de estudio el rango de variación del coeficiente de escorrentía oscila entre **0-32%**. El coeficiente de escorrentía representa la relación entre el caudal que discurre por dicha superficie en relación con el caudal total precipitado

4.4.2.1. Distribución espacial de la lluvia útil

La distribución de las isolíneas de lluvia útil para el año tipo medio se observa en la Figura 6. Al igual que para las precipitaciones, los valores mínimos de lluvia útil se presentan en la zona SW y los máximos en la zona N, en la divisoria de cuencas del Guadiana y Tajo.

Considerando la superficie que existe entre las isolíneas, se ha obtenido un valor medio de **lluvia útil** para los años medios en la zona de estudio de **50,6 mm**.

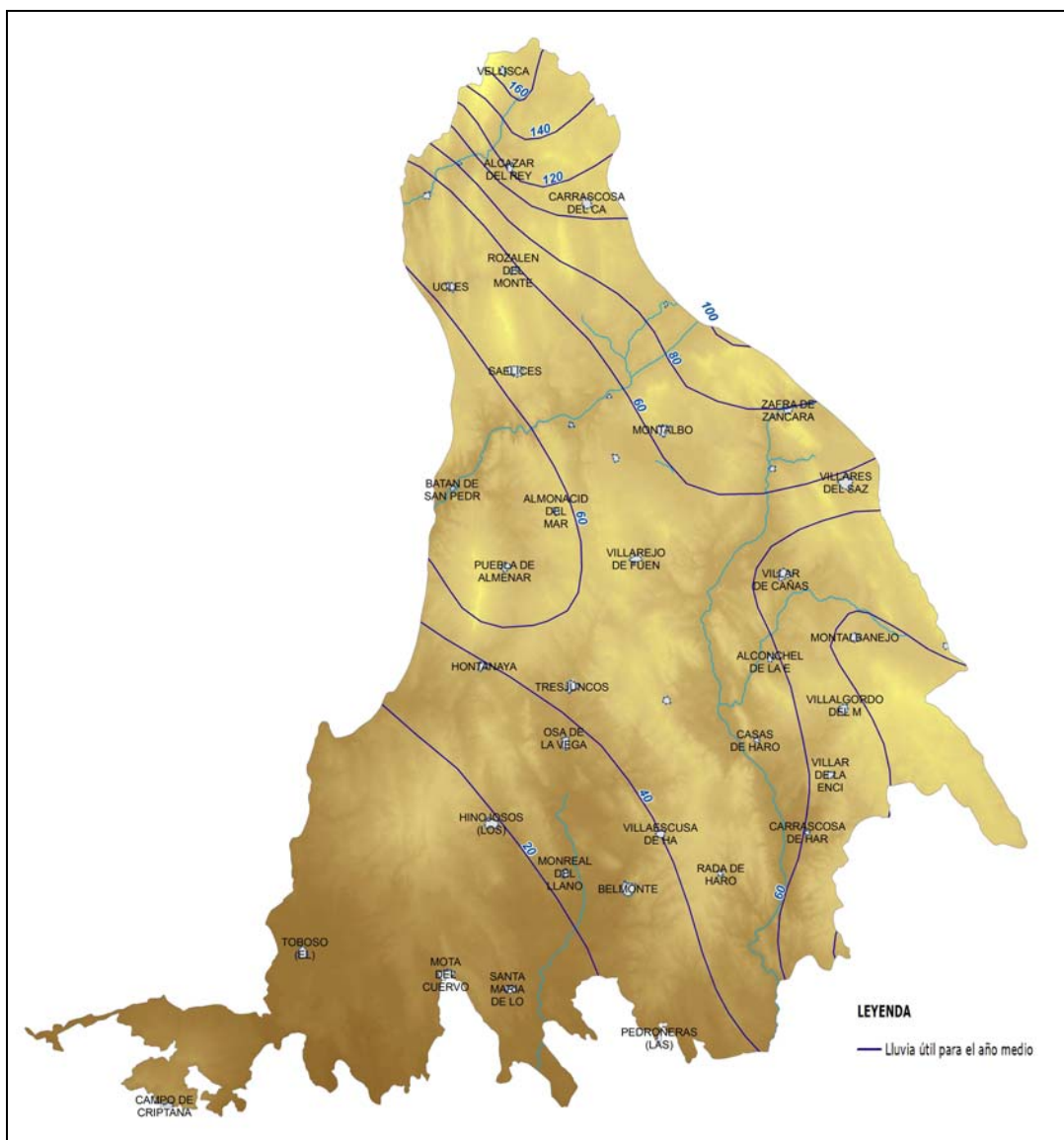


Figura 6. Distribución de las isohietas de lluvia útil para el año tipo medio.

4.5. CÁLCULO DE LAS APORTACIONES

El conocimiento de la aportación existente en la zona es de alto interés ya que es un dato esencial para la planificación hídrica. Las aportaciones recibidas son calculadas tomando como base los datos de lluvia útil y la superficie existente; de esta forma, considerando una lluvia útil de 50,6 mm en una superficie 2.575,2 km², se obtiene una **aportación total**, para años medios, de **130,4 hm³/año**.

El volumen así obtenido corresponde a la cantidad máxima existente en la zona y que posteriormente se desagregará como escorrentía superficial y subterránea.

5. HIDROLOGÍA

Los ríos existentes en la zona son tributarios del Río Guadiana. Este es el segundo río de mayor recorrido de toda la península y drena la cuenca a la que da nombre. Tal como se aprecia en la figura 7, los ríos más importantes dentro del área y tributarios por la margen derecha, son: Riansares, Cigüela y Záncara. El río Monreal presenta cierta importancia, a nivel local, dentro de la MASb ; si bien a nivel regional podemos considerarlo un afluente del río záncara, al cual se une aguas debajo del termino municipal de Las Mesas.

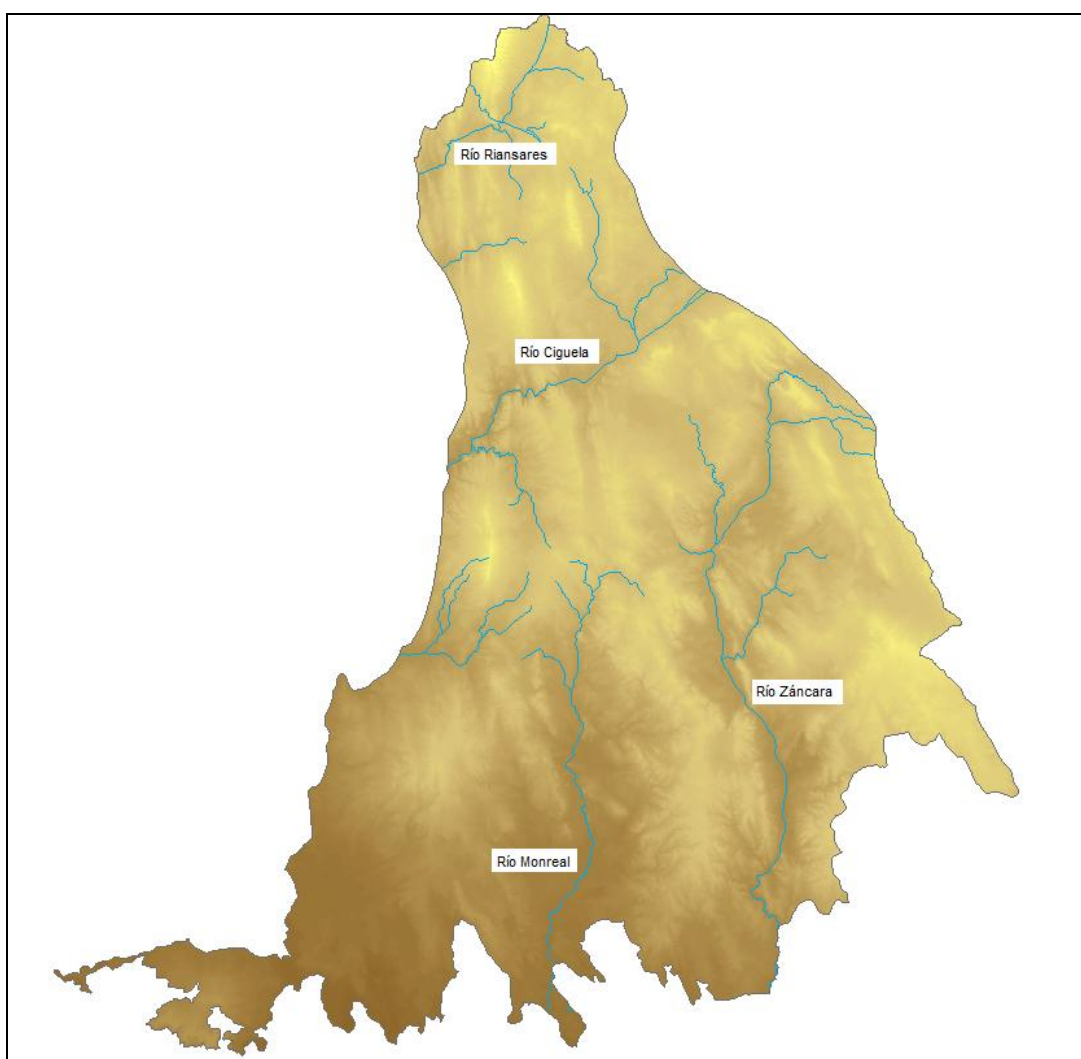


Fig 7. Principales cursos fluviales del área de la MASb Sierra de Altomira.

El río **Riansares** presenta la disposición más septentrional respecto al resto de los ríos. Se caracteriza por un caudal poco abundante, el cual suele presentar fuertes oscilaciones estacionales y anuales pudiendo llegar a secarse en años secos.

En el área que nos ocupa, presenta un pequeño tramo el cual discurre con una dirección NE-SO. Nace en la Sierra de Altomira, en la Pelaya a 860 m s.n.m. y desemboca al río

Cigüela a 646 m s.n.m., al SE de la Provincia de Toledo. A lo largo de su curso, este río atraviesa materiales con permeabilidades variadas. Desde su nacimiento, a través de Vellisca y hasta el T.M. de Alcázar del Rey, atraviesa materiales de permeabilidad media. El tramo que discurre en el T.M. de Huelves, antes de salir del área de estudio, corresponde a materiales de permeabilidad baja.

El río **Cigüela**, al igual que el anterior, discurre con una dirección NE-SO y se sitúa en el tercio septentrional de la MASb. Nace en los Montes Universales, en la Sierra de Albarracín, cerca del puerto de Cabrejas a 1.080 m s.n.m.

A lo largo del curso se atraviesan materiales evaporíticos de baja permeabilidad, correspondientes al Paleógeno-Neógeno, de los T.M. de Palomares del Campo y Huete. El resto del T.M. de Saelices y Almendros corresponde a materiales de permeabilidad media-alta. La relación río acuífero entre Villas Viejas y Pozorrubio es de drenaje de los materiales carbonatados existentes. (PNIAS, 1979).

El río **Záncara** junto a su afluente el Monreal, discurren en la zona con una dirección N-S, drenando una gran superficie de la MASb. Nace en Abia de la Obispalía a 1020 m s.n.m. y desemboca en el río Cigüela a 630 m s.n.m. tras recorrer 168 km. y atravesar el Provencio.

Los materiales por los que discurre, a su paso por la zona de estudio, son de baja permeabilidad a excepción de tres pequeños tramos cuya permeabilidad se califica como variable y que se sitúan en Zafra de Záncara, Villarejo de Fuentes y Villaescusa de Haro. El tramo correspondiente a Las Pedroñeras se caracteriza por ser de Alta permeabilidad.

5.1. ANÁLISIS DE DATOS CORRESPONDIENTES A ESTACIONES DE AFOROS

Para la determinación del régimen de los ríos anteriormente indicados se ha considerado las series históricas existentes en algunos puntos de la red hidrográfica, aunque queden situados fuera de los límites objeto de estudio. Se han analizado las estaciones correspondientes a la Red Oficial de Estaciones de Aforos (ROEA), medidas por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

El río **Riansares** no presenta estaciones de control, en las proximidades de la zona de estudio.

En el **Río Cigüela** se sitúan las estación de aforos de Quintanar de la Orden (nº 4201), en el término municipal de La Puebla de Almoradiel y la de Villafranca de los Caballeros nº 4202, en el término municipal de Alcázar de San Juan.

Tras el análisis de los datos históricos, el caudal medio anual para la serie de datos de Quintanar de la Orden es de 1,5 m³/s, siendo el mínimo anual de 0,1 m³/s y el máximo anual de 4,0 m³/s. La variabilidad de los caudales mensuales oscila entre el mínimo de 0 m³/s y 17,1 m³/s. Para la series de Villafranca de los Caballeros el caudal medio anual es de 1,9 m³/s, siendo el mínimo anual de 0 m³/s y el máximo anual de 9,1 m³/s. La variabilidad de los caudales mensuales oscila entre el mínimo de 0 m³/s y 22,1 m³/s. (Tabla 8).

Estación de aforo	Registro histórico	CAUDALES (m ³ /s)			
		Q medio	Q mínimo anual	Q máximo anual	Variabilidad de caudales mensuales
Quintanar De la orden (4201)	1923-2003	1,5	0,1	4,0	0-17,1
Villafranca de los Caballeros (nº 4002)	1948-2001	1,9	0	9,1	0-22,1

Tabla 8. Resumen de caudales del río Cigüela.

Especto a los caudales medios, cabe señalar como en los meses de marzo se presentan valores máximos, apareciendo los valores mínimos en agosto.

La aportación máxima corresponde al año 1970 donde se alcanza 126,8 hm³. El promedio para la serie histórica considerada es de 47,7 hm³, siendo el valor medio para los últimos 20 años de 38,4 hm³.

La aportación máxima corresponde a 1959 donde se alcanza 287,8 hm³. El promedio para la serie histórica considerada es de 61,6 hm³ y el valor medio para los últimos 20 años de 31,5 hm³. (Tabla 9).

Estación de aforo	APORTACIÓN (hm ³)		
	Promedio serie histórica	Media últimos 20 años	Aportación máxima año (hm ³)
Quintanar De la orden (4201)	47,7	38,4	1970 (126,8)
Villafranca de los Caballeros (nº 4002)	61,6	31,5	1960 (287,8)

Tabla 9. Resumen de las aportaciones Cigüela.

La estación de aforos en el Río Zancara y proxima a la zona de estudio, corresponde a la estación de El Provencio (n° 4224), cuyo registro histórico se inicia en 1976 y finaliza en 2001.

El caudal medio anual, para la serie histórica de datos anteriormente indicada es de 0,6 m³/s, siendo el mínimo anual de 0 m³/s y el máximo anual de 2,5 m³/s. La variabilidad de los caudales mensuales oscila entre el mínimo de 0 m³/s y 42,9 m³/s.

Estación de aforo	Registro histórico	CAUDALES (m ³ /s)			
		Q medio	Q mínimo anual	Q máximo anual	Variabilidad de caudales mensuales
El Provencio (4224)	1976-2001	0,6	0	2,5	0-42,9

Tabla 10. Resumen de caudales del río Zancara.

De la distribución mensual de los caudales medios, cabe indicarse la similitud respecto al río Cigüela. Así, los meses de febrero y marzo son los que presentan valores máximos y agosto valores mínimos.

La irregularidad interanual es elevada. La aportación máxima corresponde a 1997 donde se alcanzan los 78,3 hm³. El promedio para la serie histórica considerada es de 19,2 hm³ y el valor medio para los últimos 20 años es ligeramente inferior, cifrándose en 11,6 hm³. (Tabla 11).

Estación de aforo	APORTACIÓN (hm ³)		
	Promedio serie histórica	Media últimos 20 años	Aportación máxima año (hm ³)
El Provencio (4224)	19,2	11,6	1997 (78,3)

Tabla 11. Resumen de las aportaciones Zancara.

5.1.1. AFOROS REALIZADOS

Con la finalidad de determinar las relaciones río-acuífero y el funcionamiento hidrológico de los ríos a su paso por las formaciones permeables, se plantea la necesidad de realizar una campaña de aforos.

Se han realizado un total de 12 aforos directos en cauces fluviales, mediante el método de molinete y en los casos en los que resultó imposible la aplicación de este método, debido al caudal insuficiente, se utilizó el método del flotador.



Fotografía 1. Aforo en el río Záncara. Método del molinete.

Se indica la situación de las estaciones hidrométricas en relación al río en el que se ubican y la disposición correspondiente a la entrada y salida respecto a la formación geológica permeable (FGP) Tabla 12. Se ha mantenido el criterio de fácil acceso donde el lecho del río sea estable y donde el tramo sea lo más recto posible, a efectos de evitar la distorsión en la información obtenida.

Los cauces superficiales en los que se ha planteado la cuantificación del caudal existente han sido: el Riansares, Cigüela, De la Cañada, Saona, Záncara y Santa María del Campo (Figura 8)

Estación hidrométrica	Nombre río	COORDENADAS UTM		Situación	Formaciones geológicas permeables
		X	Y		
1	Riansares	514.748	4.436.351	Entrada	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.
2	Riansares	508.229	4.432.318	Salida	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.
3	Cigüela	519.456	4.415.477	Entrada	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.
4	Cigüela	510.444	4.408.495	Salida	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.
5	De la Cañada	513.722	4.397.225	Entrada	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.
6	De la Cañada	506.080	4.393.590	Salida	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.
7	Saona	523.050	4.399.950	Cabecera	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.
8	Saona	518.661	4.370.611	Entrada	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.
9	Saona	518.550	4.365.450	Salida	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.
10	Záncara	537.006	4.385.506	Entrada	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.
11	Záncara	537.105	4.372.118	Salida	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.
12	Saona	520.729	4.389.565	Salida	Calizas mesozoicas Cretácico. Calizas cenozoicas Neógeno.

Tabla 12. Puntos de aforo.

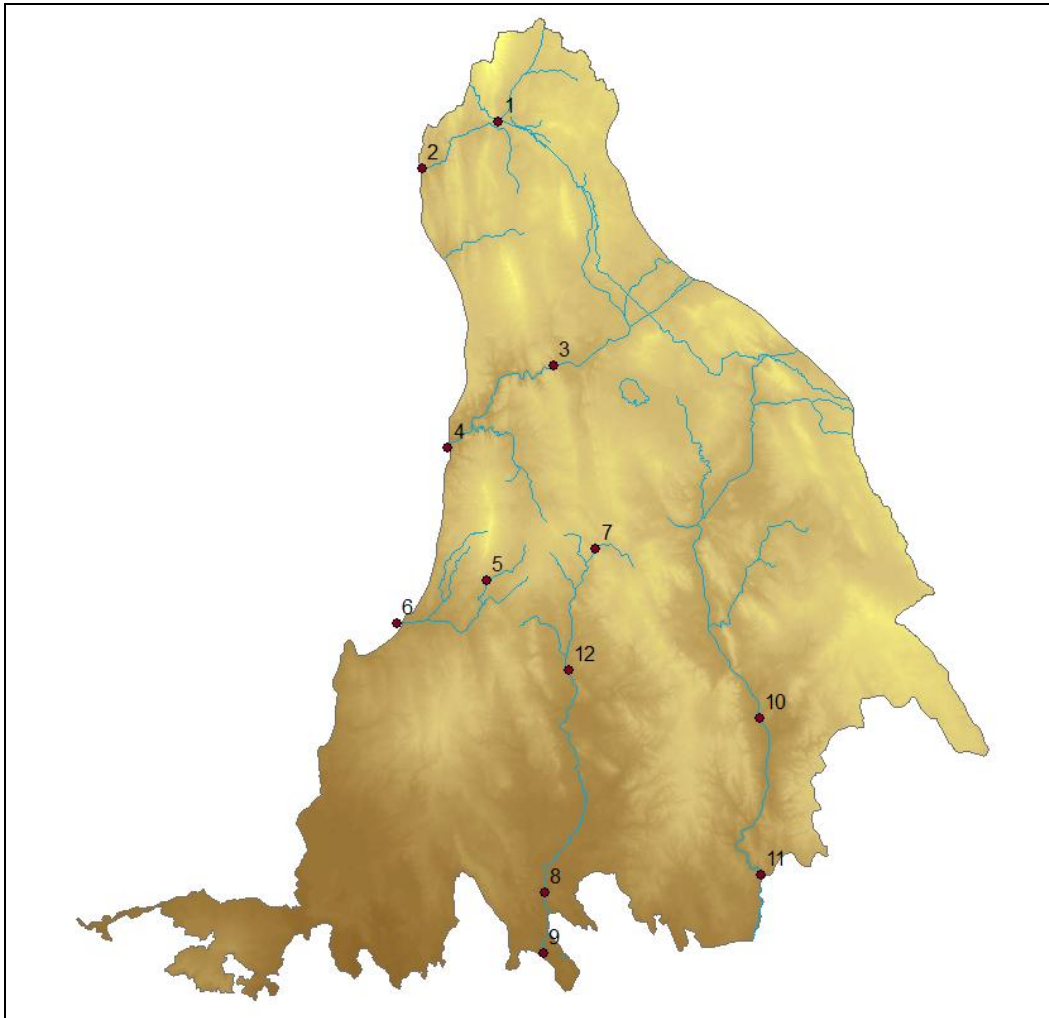


Figura 8. Situación de los puntos donde se realizan los aforos.

5.1.2. TRABAJO DE CAMPO.

Los trabajos de campo se realizaron del 10 al 12 de diciembre del 2008. Los aforos se realizaron de forma consecutiva a la entrada y salida de la misma unidad permeable, a excepción del nº 12.

Durante la realización de los aforos no se produjeron precipitaciones, si bien los días inmediatamente previos a esta campaña fueron de precipitaciones medias a intensas.

Se comprobaron y midieron las aportaciones laterales más importantes en cada pareja de puntos de aforo (entrada-salida), realizando medidas de caudal en el Río de la Vega, tributario del Río Riansares en el tramo entre los puntos de aforo 1 y 2, resultando además que su aporte era significativo.

Se reconocieron varios tramos entre parejas de puntos de aforo realizando observaciones, donde el caudal se pierde por completo, como por ejemplo en el Arroyo de la Cañada (Tramo entre Aforos 5 y 6) o en el Río Saona (Tramo entre Aforos 8 y 9).

Con respecto a los puntos de aforo sin caudal de las estaciones de salida, se propuso identificar los tramos en los que se infiltra todo el caudal, y comprobar las aportaciones laterales entre los puntos de aforo 12 (al N) y 8 (al S), en el río Monreal-Saona, ya que entre estas dos estaciones hay una pérdida casi completa de caudal, con lo que interesa identificar cómo se produce esta pérdida y su relación con las unidades litológicas aguas abajo de la estación 12.

En la Tabla 13 se adjuntan los resultados obtenidos en la primera etapa y en base a ello se establece una segunda etapa de reconocimiento, que pudiese complementar a la anterior.

Id. Estación de aforo	Situación	Nombre río	Caudal (l/s)	Recomendaciones
1	Entrada	Riansares	5,6	
2	Salida	Riansares	9,4	
3	Entrada	Cigüela	205,3	
4	Salida	Cigüela	429,2	
5	Entrada	De la Cañada	3,5	Reconocimiento del tramo de pérdida
6	Salida	De la Cañada	0	
7	Cabecera	Saona	0	Reconocimiento del tramo de pérdida
12	Salida	Saona	29,26	
8	Entrada	Saona	0,47	
9	Salida	Saona	0	Reconocimiento del tramo de pérdida
10	Entrada	Záncara	107,76	
11	Salida	Záncara	177,23	Reconocimiento del tramo de pérdida

Tabla 13. Caudales obtenidos tras los aforos realizados y recomendaciones propuestos.

Con el objetivo de completar los datos según la propuesta anterior, se realizó una segunda etapa de campo, del 29 al 30 de diciembre del 2008. Durante esta visita se han reconocido, en primer lugar, los tramos de pérdidas en las parejas de aforo propuestas: tramo entre los Aforos 5 y 6 en el Arroyo de la Cañada y tramo entre los Aforos 8 y 9 en el Río Saona; comprobando previamente las condiciones de caudal de dichos aforos, en comparación con las condiciones de la visita anterior.

Estación hidrométrica nº 5. En el Arroyo de la Cañada, el caudal de 3,5 l/s se pierde rápidamente aguas abajo a lo largo de 1 km. Destacar que el margen izquierdo de este arroyo esta flanqueado por cerros de Calizas, al O de la población Hontanaya.

Estación hidrométrica nº 8. En el Río Saona, el escaso caudal medido en la estación de aforo se pierde en un tramo de 1 km aproximadamente aguas abajo, antes de llegar al Cerro de la Morcilla.

Únicamente se ha identificado, inmediatamente aguas arriba del Aforo 8, en el río Saona, la aportación lateral de un corto tributario denominado Arroyo Sahona. En él se observó escasa cantidad de agua estancada, que alimenta el escaso caudal del Aforo 8.

Estación hidrométrica nº 11. En el Río Záncara, el caudal medido de 177,23 l/s, continua aproximadamente 7 km aguas abajo hasta infiltrarse por completo, en las proximidades del Molino de Santiago, junto al Cerro del Molino.

Estaciones hidrométricas nº 12-8. Se han comprobado todas las aportaciones laterales entre los puntos de aforo 12 (al N) y 8 (al S), para determinar su influencia en el caudal del río Monreal-Saona. Se ha identificado una “posible” aportación de una acequia procedente de la EDAR del núcleo urbano de Belmonte con un caudal de aproximadamente 31,4 l/s. Se ha comprobado que dicha acequia, antes de llegar al cauce del río Monreal, desborda debido a la gran cantidad de maleza y vegetación, inundando los campos de cultivo adyacentes, no llegando a aportar caudal al río Monreal, al menos como flujo superficial.

Id. Estación de aforo	X	Y	Situación	Nombre río	Longitud del tramo (m)	Caudal (l/s) Diciembre 2008
1	514748	4436351	Entrada	Riansares	9.765	5,6
2	508229	4432318	Salida			9,4
3	519456	4415477	Entrada	Cigüela	14.865	205,3
4	510444	4408495	Salida			429,2
5	513722	4397225	Entrada	De la Cañada	12.084	3,5
6	506080	4393590	Salida			0
7	523050	4399950	Cabecera	Saona	12.099	0
12	520729	4389565	Salida			29,26
8	518661	4370611	Entrada	Saona	5.870	0,47
9	518550	4365450	Salida			0
10	537006	4385506	Entrada	Záncara	16.973	107,76
11	537105	4372118	Salida			177,23

Tabla 14. Puntos de aforo finales y caudales.

5.2. RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO

El objetivo es el conocimiento de las diferentes relaciones río-acuífero y la cuantificación de sus recursos, con la finalidad de poder aportar información adicional al balance hídrico anual y poder trasladar esta información a futuras planificaciones.

Para estudiar la evolución temporal, se han comparado los datos obtenidos en este estudio con datos históricos de trabajos previos, estableciendo las comparativas entre estaciones de aforo similares (Tabla15).

Id. Estación de aforo	Situación	Nombre río	Caudal (l/s)									
			Enero 1994		Abril 1994		Octubre 2000		Abril 2001		Diciembre 2008	
1	Entrada	Riansares	0,3		0,3	P	9,3	G	115	G	5,6	G
2	Salida	Riansares			0		18,4		235		9,4	
3	Entrada	Gigüela	4840*	P	171	P	227	P	2528*		205,3	G
4	Salida	Gigüela	4700*		169		196				429,2	
5	Entrada	De la Cañada	0,8	P	0,3	P	2,9		14,4		3,5	P
6	Salida	De la Cañada	0		0						0	
7	Cabecera	Saona	0		0						0	G
12	Salida	Saona									29,26	
8	Entrada	Saona	0		0	S	0	S	0	S	0,47	P
9	Salida	Saona	0		0		0		0		0	
10	Entrada	Záncara	0	G	0	S	189	P			107,76	G
11	Salida 1	Záncara	167		0		101				177,23	

G	Tramo Ganador
P	Tramo Perdedor
S	Tramo Seco

* Presentan valor elevado por la apertura de compuertas del trasvase.

Tabla 15. Resumen de puntos de aforo y comparativo histórico.

A la vista de la tabla anterior, puede apreciarse como de los tramos estudiados para la campaña del diciembre del 2008, cuatro se comportan como ganadores y dos como perdedores; aunque si se compara con la información de campañas previas (1994-2000-2001) la relación ganador/perdedor puede haber sido diferente a lo largo del tiempo.

5.2.1. RÍOS GANADORES

Tramo en el río Riansares.

De los datos puntuales de aforos históricos, para este tramo se obtienen los siguientes datos de aportación subterránea de la FGP:

- IGME, 1985. Tres datos de aforo. En época de recarga 89,34 l/s, y en época de agotamiento (Sept 1985) 21 l/s.
- DGOH, 1995. Un dato de aforo. En época de recarga 0,3 l/s.
- CH Guadiana (2001). Dos datos de aforo. En época de recarga 64,55 l/s, y en época de agotamiento (sept 2001) 9 l/s.
- IGME, 2008. Dos datos de aforo. En época de recarga 3,80 l/s.

En cuanto a los indicadores hidrogeológicos, se deduce que para el tramo definido el caudal promedio de la descarga (QPD) es de 52,6 l/s. Para una longitud de 9.765 m del tramo, la relación unitaria de transferencia (RUT) es de 0,0054 l/s/m, referida a una serie

de amplitud sept 1985 – diciembre 2008, que dispone de un total de 7 aforos estudiados (NAE=7).

Tramo en el río Cigüela

De los datos de aforos históricos, se obtienen los siguientes resultados de aportación subterránea de la FGP para este tramo:

- IGME, 1985. Tres datos de aforo. En época de recarga 89,34 l/s., y en situación de agotamiento (Sept 1985) 21 l/s.
- DGOH, 1995. Un dato de aforo. En época de recarga (abril 1994) 2 l/s. También hay un dato de enero de 1994 pero se ha dado con la presa abierta con lo que no se considera.
- CH Guadiana (2001). Dos datos de aforo. En época de recarga 64,55 l/s, y en situación de agotamiento (sept 2001) 9 l/s.
- IGME, 2008. Dos datos de aforo. En época de recarga 223,90 l/s.

Este tramo tiene un comportamiento variable, funcionando como ganador en épocas de aguas altas y perdedor en época de aguas bajas.

En época de recarga el caudal promedio de la descarga (QPD) es de 94,9 l/s. Para una longitud de 14.865 m del tramo, la relación unitaria de transferencia (RUT) es de 0,0064 l/s/m, referida a una serie de amplitud sept 1985 – diciembre 2008, que dispone de un total de 8 datos (NAE=8)

Tramo en el río Záncara

De los datos puntuales de aforos históricos se obtienen los siguientes datos de aportación subterránea de la FGP para este tramo:

- CH Guadiana (2001). Dos datos de aforo. En época de recarga es de 376,8 l/s. 25,5 l/s en situación de agotamiento (sept 2001).
- IGME 2008. Dos datos de aforo. En época de recarga, la aportación subterránea es de 69,470 l/s.

Para una longitud del tramo de 4.523 m (considerando solo los tramos permeables que se atraviesan) y el caudal promedio de la descarga (223,1 l/s), se puede establecer la Relación Unitaria de Transferencia (RUT) de 0,0049 l/s/m, referida a una serie de amplitud oct 2000 – Diciembre 2008, que dispone de un total de 4 datos (NAE=4)

Tramo en el río Monreal-Saona

En el punto de aforo 7, situado aguas arriba de los afloramientos permeables, el caudal era nulo (0 l/s). En el punto de aforo 17, situado a la salida de dicho tramo, se ha medido un caudal de 29,26 l/s. Ahora bien, cuando el río entra en los terciarios detríticos, dicho

cauce se pierde progresivamente en tan solo 1 km aguas abajo. Por lo tanto, el río en la formación carbonatada se comporta como ganador, si bien no hay datos comparables de entrada-salida para cuantificar en su totalidad la ganancia, que al menos es de 29,26 l/s. Tampoco existen, sobre este tramo, datos de estudios previos que permitan comparar con otros años o situaciones del ciclo anual.

5.2.2. RÍOS PERDEDORES

Tramo en el arroyo de la Cañada

Se han situado los puntos de aforo 5 y 6. En el punto de aforo 5, situado aguas arriba de los afloramientos permeables, se ha medido un caudal de 3,5 l/s. En el punto de aforo 6, situado a la salida de las formaciones permeables, ya en el límite de la Unidad de Altomira, el caudal es nulo (0 l/s). Dado que dicho caudal se pierde en un subtramo de 1 Km, el ratio de infiltración por Km es de 3,5 l/s.

En los estudios anteriores, que aportan valores de caudal en puntos de aforos similares en el tramo del arroyo de la Cañada, se observa en este tramo una relación río-acuífero de río perdedor en época de recarga.

Tramo en el río Monreal-Saona

En el punto de aforo 8 se ha medido un caudal de 0,47 l/s, perdiéndose también rápidamente aguas abajo. Y el punto de aforo 9 presenta caudal nulo (0 l/s). En los estudios anteriores, en los puntos de aforo semejantes a los puntos 8 y 9 del presente estudio, tampoco se han podido medir caudales (0 l/s).

En todos los estudios anteriores que aportan valores de caudal en puntos de aforos similares en el río Monreal-Saona, se observa en este tramo una relación río-acuífero de río perdedor en época de recarga.

Tramo en el río Záncara

Este segundo tramo en el río Záncara, situado inmediatamente antes de su salida de la MASb para continuar sobre la MASb de la Mancha Occidental II, tiene una longitud aproximada de 14.320 m en los que el río se comporta como perdedor o influente en contacto con la FGP Calizas y dolomías mesozoicas. El punto de aforo 12, situado aguas abajo del punto de aforo 11, el caudal era nulo (0 l/s), por lo que el río cede 177 l/s al acuífero.

En el estudio de la CHG, 2001 se observa que el río cede 70 l/s al acuífero, mientras que en abril de 2001 es el acuífero el que cede 6 l/s al río. En el informe del IGME (1985), la media de caudal cedido por el río al acuífero fue de 103 l/s y en junio de 1986, fue de 83 l/s.

Como resumen de la relación río-acuífero, en la Figura 9, se muestra la zonificación resultante. En color verde se ha representado los tramos de ríos ganadores en las formaciones carbonatadas. El área con en color naranja representa tramos perdedores, y en rojo, la zona donde los caudales eran nulos durante la realización de la campaña.

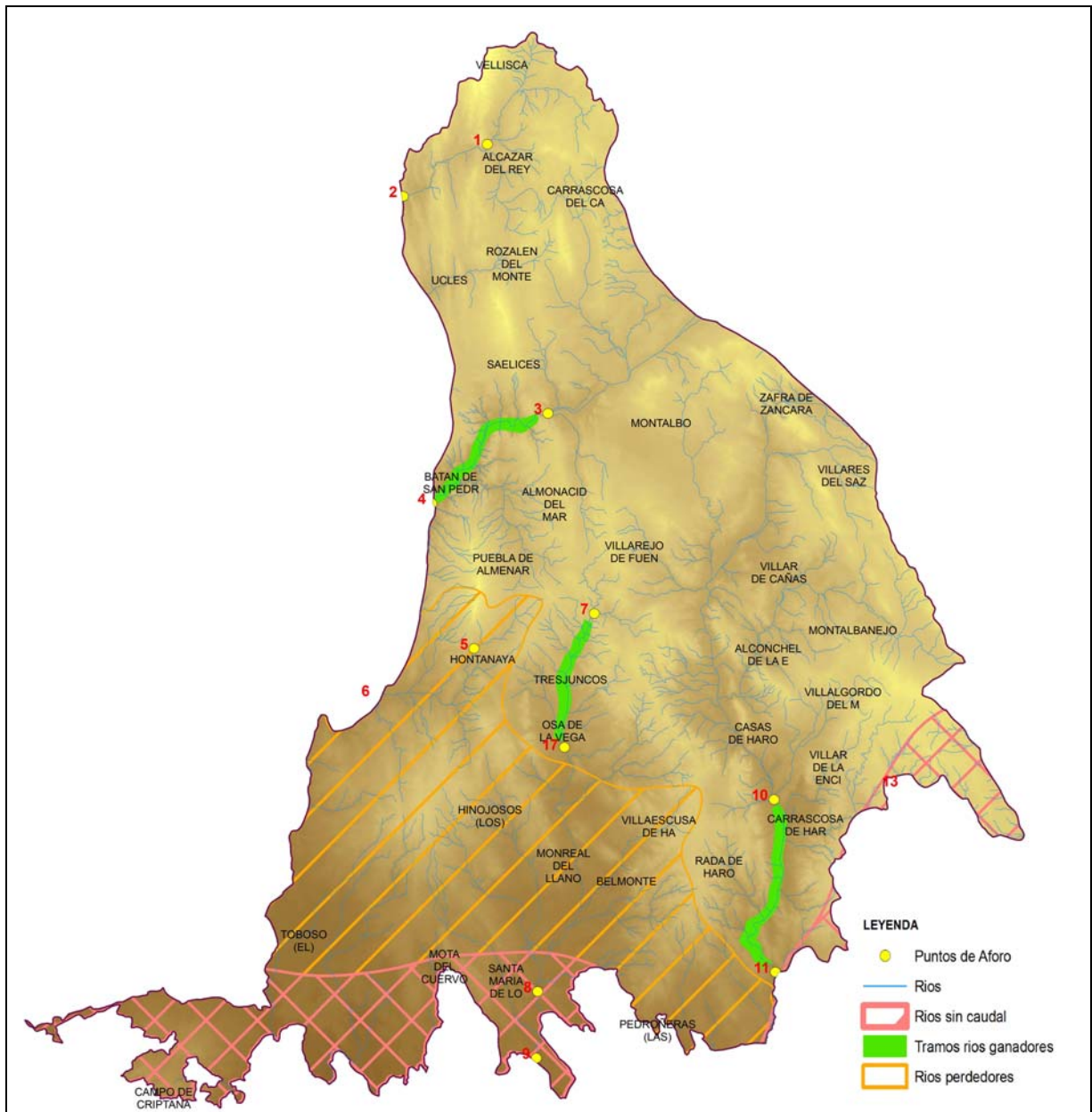


Figura 9. Representación de las relaciones río-acuífero.

6. MARCO GEOLÓGICO

El encuadre de la MASb 041.001 corresponde a las estribaciones más occidentales de la Cordillera Ibérica y las estribaciones septentrionales de la Llanura Manchega.

Está constituida fundamentalmente por materiales mesozoicos, recubiertos por materiales detríticos y carbonatados terciarios y con depósitos cuaternarios asociados tanto a cursos fluviales como a humedales y lagunas. Los materiales mesozoicos corresponden a alternancia de calizas y dolomías, los cuales se apoyan sobre un sustrato arcilloso infrayacente correspondiente al Keuper (Triásico).

Se encuentra limitada al E por la Depresión Intermedia, una fosa de hasta 2.000 m de espesor de materiales detríticos y yesíferos terciarios y al O y N por la Depresión del Tajo, de naturaleza similar a al anterior y con importantes desarrollos carbonatados tabulares. Al S contacta con la llanura manchega.

Todo este conjunto se halla fuertemente influenciado por los diversos episodios orogénicos que se han producido, los cuales han generado numerosas alineaciones, tanto fracturas como pliegues.

6.1. ESTRATIGRAFIA

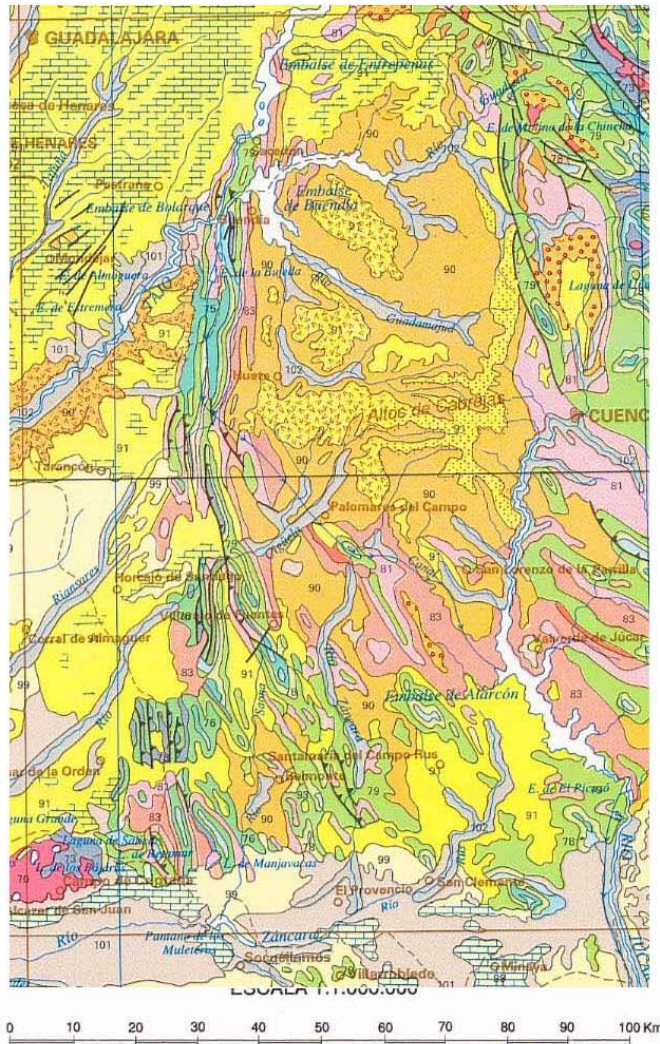
Como información básica para el análisis previo de este capítulo se han utilizado los Mapas Geológicos de España, realizados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) a Escala 1:50.000, de la Serie MAGNA.

Las hojas que de forma total o parcial engloban el área de estudio son 14, tal como se indica en la Tabla 16.

NOMBRE	NUMERO	DIVISION	H 200	HUSO	COLUMNA	FILA
Huete	608	22-24	46	30	22	24
Tarancón	607	21-24	46	30	21	24
S. Lorenzo de la Parrilla	634	23-25	54	30	23	25
Palomares del Campo	633	22-25	54	30	22	25
Horcajo de Santiago	632	21-25	54	30	21	25
Valverde del Júcar	662	23-26	54	30	23	26
Villarejo de Fuentes	661	22-26	54	30	22	26
Corral de Almaguer	660	21-26	54	30	21	26
Santa María del Campo Rus	690	23-27	54	30	23	27
Belmonte	689	22-27	54	30	22	27
Quintanar de la Orden	688	21-27	54	30	21	27
Alcazar de San Juan	713	20-28	53	30	20	28
El Provencio	715	22-28	54	30	22	28
Campo de Criptana	714	21-28	54	30	21	28

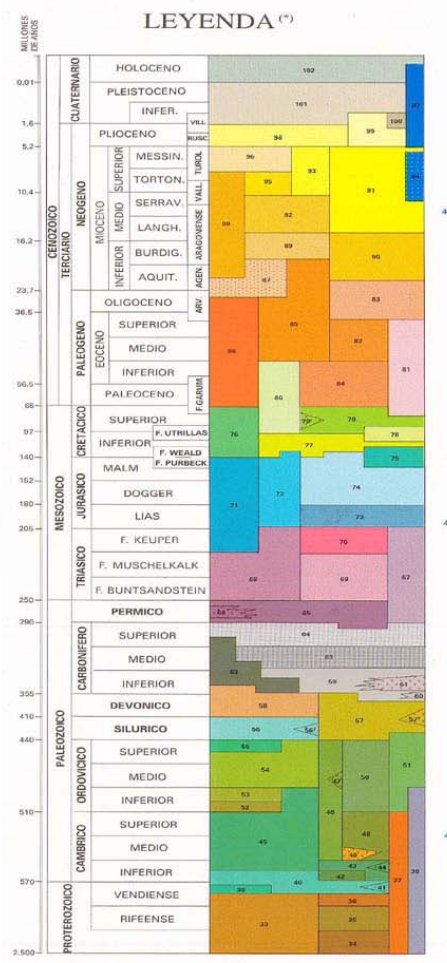
Tabla 16. Hojas MAGNA. 1:50.000 incluidas total o parcialmente en la MASb Sierra de Altomira.

Para la elaboración del mapa geológico de síntesis se ha utilizado como información original la correspondiente al PLAN GEODE, plan que contempla la elaboración del mapa geológico continuo a escala 50.000, se ha sintetizado y resumido dicha información obtenido el mapa de la MASb 041.001 a escala 1:200.000. Mapa 1.



TEXTO DE LA LEYENDA

- 101 y 102.- Conglomerados, gravas, arenas y limos
- 87 a 100.- Conglomerados, areniscas, arcillas, calizas y evaporitas. Vulcanitas básicas
- 84 a 86.- Turbiditas calcáreas
- 80 a 83.- Conglomerados, areniscas, arcillas y calizas. Evaporitas.
- 76 a 79.- Calizas, dolomías y margas. Areniscas
- 71 a 75.- Calizas, dolomías y margas. Conglomerados y areniscas
- 67 a 70.- Conglomerados, areniscas, calizas, yesos y arcillas versicolores
- 65 y 66.- Conglomerados, areniscas y lutitas. Vulcanitas
- 59 a 64.- Conglomerados, areniscas, pizarras, calizas y vulcanitas. Carbón
- 56 a 58.- Areniscas, pizarras y calizas
- 40 a 55.- Cuarcitas, pizarras, areniscas, calizas y vulcanitas
- 33 a 39.- Gneises, esquistos, mármoles y vulcanitas
- 29 a 32.- Rocas sedimentarias (Béticas, zonas internas)
- 22 a 28.- Rocas metamórficas
- 21.- Rocas básicas y ultrabásicas
- 18 a 20.- Rocas plutónicas alpinas
- 17.- Granitoides alcalinos postcinemáticos
- 15 y 16.- Plutonismo orogénico calcoalcalino toleítico
- 13 y 14.- Plutonismo orogénico colisional peraluminico
- 11 y 12.- Granitoides postcinemáticos de emplazamiento epizonal
- 9 y 10.- Granitoides de emplazamiento epi-mezozonal
- 1 a 8.- Granitoides de emplazamiento meso-catazonal



A efectos de conocer las superficies permeables se ha planimetrado las diferentes formaciones. Agrupándose tal como se muestra en la tabla 17

Litología	Extensión de afloramiento (km ²)
Cuaternario	354,5
Terciario	1612,2
Cretacico	583,9
Jurásico	201,2
Triasico	1,4

Tabla 17. Extensión (km²) de los diferentes afloramientos.

Asimismo, para la descripción geológica de detalle se han empleado las columnas correspondientes a los sondeos hidrogeológicos realizados dentro del convenio IGME/Diputación de Cuenca. De todos los sondeos realizados en dicho convenio se han seleccionado 23 columnas hidrogeológicas, las cuales se incluyen en el anexo 1. La situación espacial de las columnas mencionadas se muestra en la figura 10 y los datos de situación se adjunta en la tabla 18.

LOCALIDAD	NOMBRE SONDEO	COORDENADAS		COTA m s.n.m.	PROF m	AÑO construcción	EDAD
		X	Y				
Almarcha	Almarcha_3	547359	4392590	950	352	2008	Jurásico
Almarcha	Almarcha_2	547352	4392601	950	282	2008	Jurásico
Almarcha (16015)	Sondeo La Muela (CA16015001)	550400	4392200	960	303	1992	Jurásico
Belmonte	El Marañar	528719	4380281	840	310	1983	Jurásico
El Hito	Sondeo nuevo	520575	4411950	880	340		Jurásicas
Honrubia	Casa de Ventas de las Lomas	556355	4382725	840	163	2000	Jurásico
Horcajo de Santiago	Batan 1 (CA16106101)	512139	4409840	776	143	1975-1980	Jurásico
La Hinojosa	La Hinojosa III	547100	4395200	960	298-320	2001	Jurásico
La Hinojosa	La Hinojosa IV	547153	4395229	960	350	2002	Jurásico
Las Pedroñeras	Las Canteras I	527882	4368877	736	110/89	1984	Cretácico-Jurásico
Los Hinojosos	Casa El Colmenar de Lillo	513097	4383672	838	230	1992	Cretácico
Monreal del Llano	Monreal 1	519868	4381300	790	193	2010	Jurásico
Montalbo	Montalbo 3	530900	4413850	860	189		Terciario
Montalbo	Montalbo 2	534430	4418927	993	300	2006	Cretácico y jurásico
Mota del Cuervo	Los Almirones	509256	4377341	761	170	1976	Jurásico
Pinarejo	Pinarejo 1	549353	4386972	915	250	2006	Cretácico
Rada de Haro	El Nacimiento	529569	4380977	850	175	1977	Cretácico
Saelices	Saelices II	516726	4419998	950	300	2004	Jurásico
Sta Maria de los Llanos	Sta Maria de los Llanos 2	517450	4372100	720	138	2002	Jurásico
Villamayor de Santiago	Cervaleras 2	508856	4396253	810	153	1994	Jurásico
Villar de Cañas (Casalonga)	Casalonga I	535900	4409000	820	134	2002	Cuaternario
Villar de Cañas (Casalonga)	Casalonga II	536064	4409250	820	40	2002	Cuaternario
Villar de Cañas (Casalonga)	Casalonga III	536150	4409900	820	40	2002	Cuaternario
Villares del Saz	Villares-II	541642	4409098	860	137	2009	Cretácico

Tabla 18. Datos de situación de los sondeos recopilados.

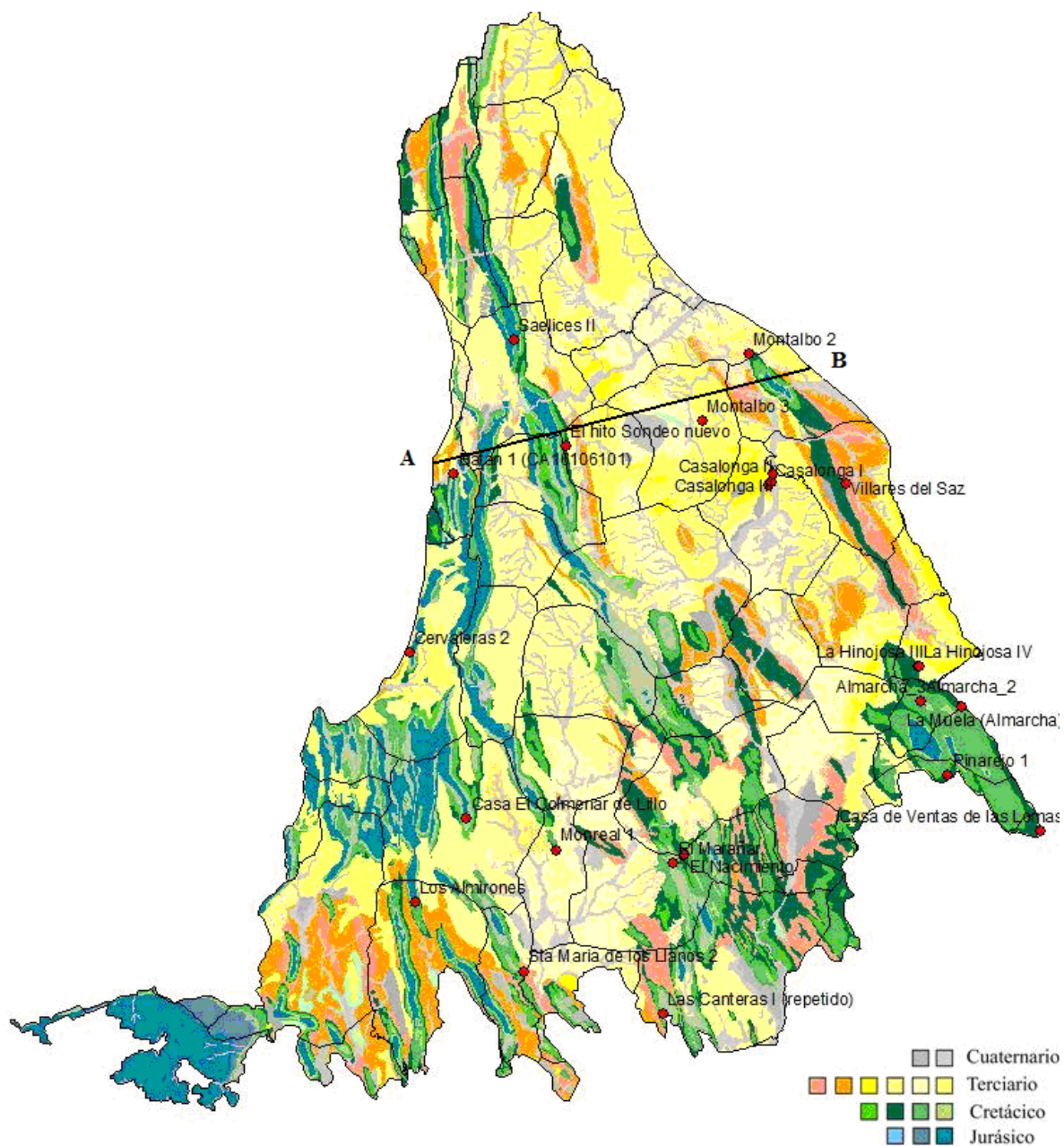


Figura 10. Situación espacial de las columnas hidrogeológicas.

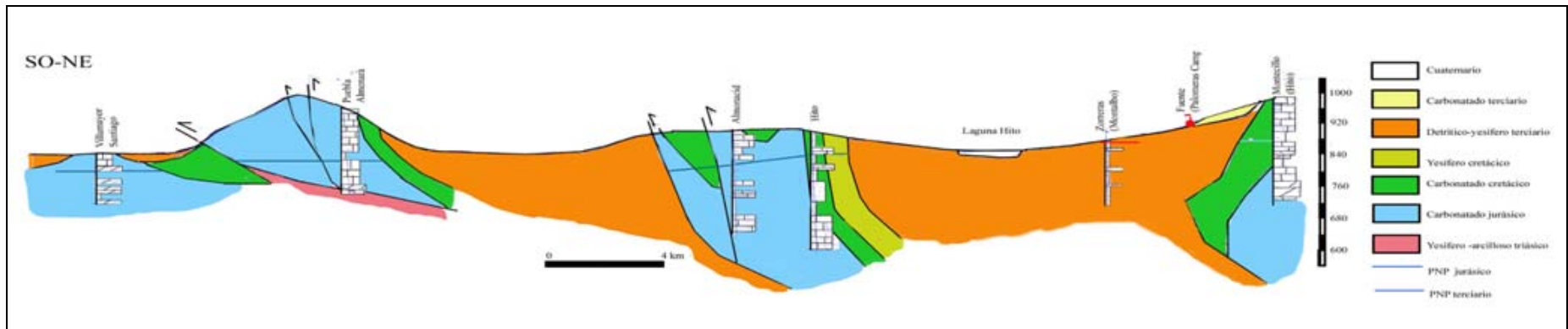
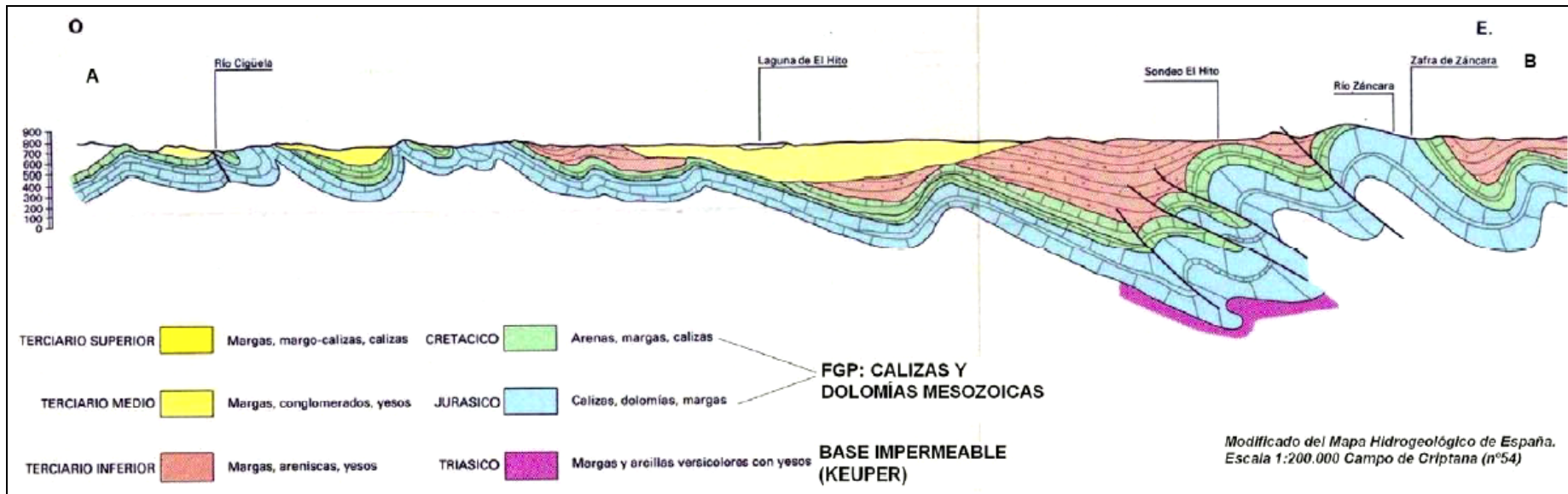


Figura 11 Cortes geológicos de la MASb 041.001

Mesozoico

Este periodo se caracteriza por materiales dolomíticos de edad jurásica, pasando de forma discordante a formaciones detríticas, carbonatadas de ambiente marino, y finalmente a facies continentales del Cretácico superior. Los afloramientos jurásicos predominan en el extremo más occidental, constituyendo los núcleos de los pliegues existentes. Conforme se avanza hacia el E, los materiales mesozoicos aflorantes corresponden a los depósitos detríticos del Cretácico inferior y a los del Cretácico superior.

6.1.1.1. Triásico

Los materiales que lo constituyen corresponden al Keuper y aparecen en un pequeño afloramiento en el SO de la hoja MAGNA de Campo de Criptana, fuera del límite de la zona de estudio. Está formado por arcillas, areniscas dolomías y margas con predominante color rojizo. Su mención es importante ya que constituye el zócalo impermeable sobre el que se dispone el resto de los materiales que configuran la columna geológica de la zona.

6.1.1.2. Jurásico

Se encuentra representado por una sucesión de rocas carbonatadas cuyo espesor oscila entre 700-800 m, incrementándose los grosores hacia la zona oriental, donde están cubiertos por materiales mesozoicos y cenozoicos, como consecuencia del efecto subsidente de la cuenca. Corresponden mayoritariamente al Lías.

Las formaciones, de base a techo, que se encuentran en el área de estudio son:

Formación Carniolas de Cortes de Tajuña. (LÍAS, Hettangiense-Sinemuriense). Compuesta por dolomías cristalinas beiges a grises y brechas dolomíticas masivas a mal estratificadas y oquerosas. No se han encontrado fósiles. Su espesor medio es de 300 m. A partir de sondeos petroleros se ha descrito en la base la presencia de una alternancia de dolomías y evaporitas. Aunque solo se han observado en superficie, en el sondeo de investigación perforado, en 2008, en La Almarcha (Martínez, 2008), se advirtió la presencia de algún horizonte muy escaso de yesos. Es posible que se encuentren en profundidad, bajo la serie terciaria y mesozoica pero que próximo a la superficie estas evaporitas y yeso se hayan disuelto y conformen un aspecto carniolar de las mismas. También estos materiales constituyen el afloramiento tabular de Campo de Criptana, dispuesto sobre los materiales triásicos del Keuper, alcanzando un espesor entre 40 a 160 m, como se observa en el sondeo Patagorda (El Toboso).

Formación Calizas y Dolomías tableadas de Cuevas Labradas. (LÍAS, Sinemuriense - Pliensbachiense). Es un conjunto de calizas y dolomías microcristalinas y margas verdes que se pueden en ocasiones individualizar como un nivel inferior calizo-dolomítico y otro superior más margoso. En general es una serie azoica con un espesor conjunto medio de 100-125 m. Dichos materiales se reconocieron en Saelices, al N de la MASb (041.001)

Sierra de Altomira, en un sondeo de investigación hidrogeológica de 300 m de profundidad, los materiales atravesados fueron fundamentalmente dolomías y calizas con distintos niveles y grados de fracturación (Martínez, 2004).

En los tramos basales los carbonatos presentan aspecto noduloso debido a la presencia de planos de estratificación ondulados y discontinuos. Los bancos son muy gruesos. En la parte media-superior los términos de dolomías y calizas presentan espesores medios a finos. Hacia la parte media de la unidad se ha observado la presencia de delgados niveles de margas verdes.

Calizas micríticas y formación Carbonatada de Chelva. (LÍAS, Pliensbachiense-Dogger). Se distinguen, de base a techo, dos niveles; el inferior corresponde a 20-30 m de calizas micríticas, grises a beige, en ocasiones recrystalizadas, en capas finas y el superior corresponde a 80 m de calizas micríticas, oolíticas y bioclásticas, en ocasiones de aspecto noduloso que hacia techo evolucionan a dolomías beiges a amarillentas en capas finas a gruesas, con planos de estratificación irregulares. En Villamayor de Santiago, al O de Sierra de Altomira, se han perforado el Sondeo Cervaleras 2, que muestra 153 m de dolomías muy fisuradas con algunos horizontes arcillosos de distinto espesor métrico.

Calizas y dolomías microcristalinas (DOGGER). Está constituida por una sucesión que de muro a techo presenta niveles algo detríticos de color rojizo, en bancos decimétricos sobre los que se dispone un paquete de dolomías microcristalinas y, para finalizar, a techo de todo el paquete anterior aparece una serie dolomítica con bancos de aproximadamente 30 cm de dolomía gris blanquecina a parda, en cuyos fragmentos se pueden apreciar a simple vista pequeños cristales romboédricos. El carácter azoico de estos materiales hace difícil su datación cronoestratigráfica. En el sondeo de investigación hidrogeológica perforado en San Clemente –fuera de la zona de estudio- se reconocieron unos 200 m, de estos materiales, en los que se observaban dos niveles de calizas separados por 40 m de alternancia de calizas y margas y 36 m de margas. Al O, en Villamayor de Santiago, en el sondeo Villaverde, sobre materiales cretácicos se han descrito 86 m de margas azules atribuibles a esta formación

6.1.1.3. Cretácico

Los depósitos de edad cretácica se diferencian en tres grandes grupos litológicos; uno inferior, en las que predominan materiales detríticos y arcillosos, el intermedio, fundamentalmente carbonatado y el superior, que es el tránsito a la edad terciaria y a sus depósitos detríticos, que corresponden a margas, yesos y carbonatos.

6.1.1.3.1. Cretacico inferior

Los materiales más antiguos corresponden a depósitos continentales calizo-margosos, detríticos y brechoides en Facies Weald, y por los depósitos arenosos de la Fm. Arenas de Utrillas.

Facies Weald. Se dispone sobre el Jurásico infrayacente mediante una marcada discordancia a escala regional y bajo las arenas de Utrillas, el contacto entre los materiales brechoides y las arenas corresponde a una superficie erosiva. Está compuesto por una alternancia de margas verdes, calizas, margocalizas y arcillas versicolores de un espesor de 40 m que hacia techo evolucionan a otros 40 m de brechas calizas muy soldadas.

La Fm. Arenas Utrillas se dispone sobre los materiales del techo del jurásico con una disposición ligeramente discordante. Su base está marcada por una discordancia erosiva observable. Se le atribuye una edad Albiense a pesar de no haberse encontrado fósiles para su datación.

Está constituida por arenas y areniscas de grano fino mayoritariamente cuarcíticas de colores variables entre rojizos y blancos, de carácter heterométrico y con estratificación cruzada. Esporádicamente se observa la presencia de cantos subredondeados de cuarzo y cuarcita de pequeños tamaños. Existen niveles de margas conglomeráticas o microconglomeráticas, arcillas y limos que le confieren tonalidades rojizas o versicolores.

La potencia total de la formación va desde poco más de 30 m en la parte occidental a cerca de 100 m en la oriental, donde la inclinación de los flancos incrementa aparentemente dicho espesor.

Estos materiales han sido atravesados en distintos sondeos de investigación hidrogeológica, así al este, en el sondeo Hinojosa IV (Martínez, 2002) se atravesaron cerca de 80 m de una serie arcilloso-arenosa, en Las Mesas su espesor alcanza los 22 m de arenas y 8 m de arcillas en la base; por último, al O, en el Campo de Criptana, en el sondeo Patagorda (El Toboso) se han reconocido tan solo 9 m.

6.1.1.3.2. Cretácico superior y tránsito al Terciario

El paso del Cretácico inferior al superior se realiza de forma transicional con la aparición de niveles margosos de color verde y disposición masiva, los espesores son variables oscilando entre los 2 y 15 m con presencia de niveles calcáreos. Sobre esta formación aparecen unos paquetes de dolomías estratificadas y laminadas.

Sobre los materiales anteriores se dispone un paquete de espesor superior a la centena de metros, en función de la zona considerada. La potencia de esta serie va aumentando progresivamente hacia el E, dicho paquete está compuesto por cuatro formaciones alternantes de dolomías y margas.

En el techo de la serie se distingue la presencia de un tramo formado por brechas calizo-dolomíticas masivas de colores blanquecinos. Los materiales presentan un alto grado de dolomitización y recristalización, así como procesos de brechificación que enmascaran las características litológicas y sedimentarias.

Culminando la sedimentación cretácica y en tránsito hacia el Terciario, los materiales se hacen progresivamente más continentales, correspondientes a la facies Garumniense, una serie depositada durante el Campaniense superior-Paleógeno y constituida por margas, calizas, yesos, arenas y arcillas. Los términos margosos y calcáreos predominan hacia la base, como continuación de la sedimentación marina cretácica, aunque con un marcado carácter regresivo que se hace evidente con la entrada de materiales terrígenos, predominantes hacia el techo. En zonas restringidas se produce una sedimentación química que da lugar a yesos.

La **Fm. Margas de Chera** (Cenomaniense) es de gran variedad litológica, iniciándose con 2 m de margas verdes a base pasando a alternancias de arenas, arcillas y dolomías con un espesor máximo de 15 m en la zona de Belmonte y en el sondeo Hinojosa-4 se han reconocido 6 m.

Fm. Dolomías de Alatoz (Cenomaniense) está constituida por un máximo de 30 m de espesor de dolomías estratificadas y en ocasiones alternantes con margas en Belmonte y del orden de 28 m en el sondeo Hinojosa-4.

Fm. Dolomías tableadas de Villa de Vés (Cenomaniense); son dolomías interestratificadas, más margosos hacia el río Cigüela. Son gruesos bancos dolomíticos que hacia techo disminuyen o se hacen margosos. En Palomares del Campo alcanzan los 50 m, aunque hacia el S, en Belmonte, apenas llegan a los 15 m.

Fm. Margas de Casamedina (Cenomaniense-Turoniense), margas grises y verdosas con alguna intercalación dolomítica. Puede alcanzar los 15 m.

Fm. Dolomías de la Ciudad Encantada (Turoniense). Su espesor alcanza los 15-20 m en Belmonte, incrementándose hacia el E a unos 30 m. Predominan las dolomías cristalinas blancas a rosáceas muy características y de espesores métricos de paquetes, en ocasiones karstificados.

Fm. Margas de Alarcón (Coniaciense-Santoniense). 10-30 m de margas grises a amarillentas, con niveles dolomíticos intercalados.

Fm Calizas y brechas de Sierra de Utiel (Santoniense-Campaniense) corresponden a 30-40 m de materiales calizos brechificados a causa de la disolución de niveles evaporíticos. Hacia el este se denomina Fm. Brechas dolomíticas de Cuenca y tiene un espesor superior a 75 m.

Fm. Margas, arcillas y yesos de Villalba de la Sierra, equivalentes al SO a las Calizas y Margas de la Sierra de Perenchiza (Campaniense-Eoceno), son calizas, margas y yesos,

que equivalen a la Facies Garumniense y que al Este alcanza un espesor de 120 m y la litología se hace más carbonatada.

A partir de los sondeos de investigación hidrogeológica se observa que al E, las formaciones asociadas al tránsito Cretácico superior-Terciario tienen un espesor que supera los 250 m; así en Cervera del Llano, el sondeo nº 2 atravesó un conjunto de 150 m de una serie superior constituida por margas grises con yesos, con intercalaciones de hasta 30 m de calizas con yesos; hacia la base esta serie se hace más carbonatada, apareciendo 50 m de calizas grises con yesos macrocristalinos y margocalizas, posteriormente se encontraba una serie aún más carbonatada con alguna presencia de yesos y que puede corresponder a la Formación inferior. En Belmonte, en el Sondeo El Nacimiento, situado sobre estas formaciones, se ha descrito la presencia de 90 m de una serie arcilloso-margosa, con intercalaciones calizas y de yesos.

En general, la serie cretácica carbonatada se encuentra más completa en el extremo más oriental, así en La Hinojosa-4 se han reconocido 174 m, mientras que hacia el centro y O las formaciones constituyen escasos afloramientos, al estar parcialmente erosionadas, o desaparecidas totalmente, como en el área de los pliegues de Los Hinojosos. Sí que se han determinado en profundidad, bajo los sedimentos terciarios, aunque no se ha reconocido la serie completa; así en Las Mesas se ha reconocido un espesor de 58 m de una serie calizo-margosa correspondiente a las formaciones cenomanienses y en Hoya del Ángel (San Clemente) se han reconocido 122 m de calizas dolomíticas con margas intercaladas. Al O, en el sondeo de Hinojsa-4 (La Hinojosa) los tramos inferiores de la serie carbonatada tienen poco espesor, 54 m, en la que se encuentran las formaciones comprendidas entre la Fm. Margas de Chera y Fm. Margas de Casamedina.

Al tratarse de litologías de aspecto similar, es difícil encontrar diferencias entre las diferentes formaciones descritas al perforar un sondeo de investigación. En el sondeo de Castillo de Garcimuñoz I se atravesaron casi 200 m de la serie del Cretácico superior, en la que se incrementa hacia la base la presencia de intercalaciones de margas. En estas formaciones es habitual la presencia de cavidades rellenas de arcillas de descalcificación que produjeron notables problemas de turbidez en las aguas (Martínez, 1996).

Terciario

Se encuentran recubriendo los depósitos mesozoicos. Adquiere gran importancia, en cuanto a espesor y desarrollo, en las depresiones que se encuentran entre los relieves mesozoicos así como entre sus ejes anticlinales; como es el caso de las depresiones de Tresjuncos, la de Rus o la del Hito. Se han reconocido estos materiales en distintos sondeos hidrogeológicos de la región estudiada.

Unidad Paleógena inferior. Compuesta por arcillas y arenas rosadas y rojas, en las que se intercalan horizontes de calizas y areniscas. Se desarrollan en contacto con los relieves mesozoicos. Su espesor es variable, de unos 150 m en su extremo oriental a 350 m en el entorno de Villarejo de Fuentes (Paleógeno).

Unidad Paleógeno-Neógena-Subunidad inferior. Corresponde a 200 m de un conjunto evolutivo de facies que, desde las proximidades a los relieves mesozoicos orientales, evolucionan desde depósitos arenoso-arcillosos con intercalaciones de niveles conglomeráticos de hasta 2 m, a arcillas yesíferas y horizontes de yesos masivos en la depresión de el Hito, arcillas calizas y margas y calizas a techo, de espesores no superiores a 10 m. El espesor conjunto se encuentra entre los 200 m en el extremo oriental a 500 m en Villarejo de Fuentes.

Unidad Paleógeno-Neógena-Subunidad intermedia. Son 100 m de limos y arcillas rojas con la presencia de intercalaciones de calizas y margas de escaso espesor, en la depresión de el Hito. Hacia el O, en la Depresión de Tresjuncos, no se han descrito en profundidad.

Unidad Paleógeno-Neógena-Subunidad superior. Constituida por 200-300 m de arcillas rojas y areniscas, con intercalaciones de arcillas yesíferas, areniscas y conglomerados (2-4 m de espesor) como los que se observan en la Urbanización Casalonga (Villar de Cañas) junto al río Záncara, en la Depresión de El Hito. Se perforó, en esta depresión, el sondeo Montalbo-3, donde se reconocieron un conjunto de 190 m de una alternancia de arcillas con horizontes arenosos intercalados de 5-10 m y horizontes yesíferos.

Asimismo, evoluciona hacia facies más yesíferas y yesos masivos de hasta 10 m de espesor en el Hito hacia el SE. Hacia el O, en la Depresión de Tresjuncos, no se han descrito en profundidad.

Unidad Neógena. Se inicia con arcillas rojas, areniscas, con horizontes de conglomerados y brechas, en función de la proximidad a los relieves mesozoicos, con espesores de 5-10 m de estos horizontes. Conforme se alejan de los relieves, estos depósitos evolucionan a depósitos yesíferos y arcilloso-yesíferos, culminando la serie con niveles calizos y margosos, de 10 m en Tresjuncos (las denominadas Calizas del Páramo). Su espesor es muy variable, así en un sondeo de propiedad particular, próximo a Osa de la Vega, se han reconocido 116 m, de los cuales 60 m corresponden a materiales terciarios, arcillosos y calizo-margosos, con un horizonte de 5 m de yesos, posiblemente garumniense.

Unidad Pliocena. Se desarrollan en la parte meridional de Sierra de Altomira. Las arcillas y areniscas rojas tienen un espesor medio de 60 m, con niveles conglomeráticos de hasta 6 m que pasan lateralmente a margas y calizas (Calizas y margas de Minaya) con un espesor de 20 a 50 m y a 20-25 m de un tramo más carbonatado.

6.1.3. CUATERNARIO

Representado por depósitos de carácter fluvial principalmente y fondos de valle, llanura de inundación, conos de deyección, así como glaciares, coluviones, fondos endorreicos y arcillas de descalcificación. Son materiales detríticos, generalmente de escaso espesor y que se

depositan a lo largo del Pleistoceno y Holoceno. Dichos materiales se disponen de forma subhorizontal rellenando el paleorrelieve alpino.

Los depósitos aluviales de importancia se desarrollan asociados a los ríos Cigüela y Záncara. En los sondeos perforados próximos al aluvial del río Záncara, en la Urbanización Casalonga se atravesaron hasta 36 m de gravas y arenas gruesas sobre los depósitos margoyesíferos terciarios (Martínez, 2002 c).

6.2. ESTRUCTURA

El conjunto de todos los materiales ha sufrido un intenso plegamiento, como consecuencia de los efectos tectónicos generados en la Orogenia Alpina, fundamentalmente, en la fase Sávica originada al final del Paleogeno. Esto ha generado la presencia de abundantes diaclasas y a mayor escala pliegues y cabalgamiento longitudinales en estructuras Norte-Sur. Sobre estos se pueden encontrar de forma ocasional pliegues en rodilla, volcado, cabalgamientos, etc

Resultado de lo anterior es que la distribución geoespacial de estos materiales coincide con las zonas centrales de las estructuras anticlinales erosionadas donde aparecen los materiales del techo de la serie.

Haciendo un esfuerzo de síntesis, en la MASb puede definirse una franja central de materiales mesozoicos principalmente carbonatados, de orientación NO-SE y que en su extremo septentrional es más estrecha, mientras que hacia el S tiende a hundirse, hasta contactar mecánicamente con la Llanura Manchega a causa de fracturas orientadas E-O. Hacia el O de la franja anterior puede definirse una franja occidental, constituida por numerosos pliegues y cabalgamientos y con una orientación N-S. Estas dos franjas en su zona norte se encuentran contiguas separándose ambas hacia el sur, dejando una depresión rellena de materiales terciarios. Al E de la franja central, se podría definir una franja oriental, caracterizada por tener una dirección NO-SE y ser más estrecha y menos continua. Al igual que en el caso anterior queda entre ambas una depresión rellena de materiales detríticos.

Las principales unidades estructurales vienen definidas por la presencia de las tres bandas o franjas entre las que se sitúan depresiones de mayor o menor entidad, aparte de las pequeñas depresiones que se definen entre los pliegues y que se encuentran rellenas de materiales terciarios. De todas ellas se pueden destacar las siguientes:

-Depresión de Villa Paz. Situada al S de Saelices. Es una pequeña depresión encajada entre las franjas central y occidental, incrementándose en superficie hacia el S. Puede albergar 200 m de relleno de depósitos detríticos terciarios, sobre materiales yesíferos maastrichtienses.

-Depresión de El Hito. Extensa depresión, situada entre las franjas central y oriental de relieves mesozoicos, rellena de materiales terciarios con un espesor que supera los 800 m.

Los materiales abarcan desde depósitos detríticos próximos a los relieves, a toda la serie evaporítica culminada por calizas terciarias, constituyendo una cuenca endorreica que forma la laguna de El Hito.

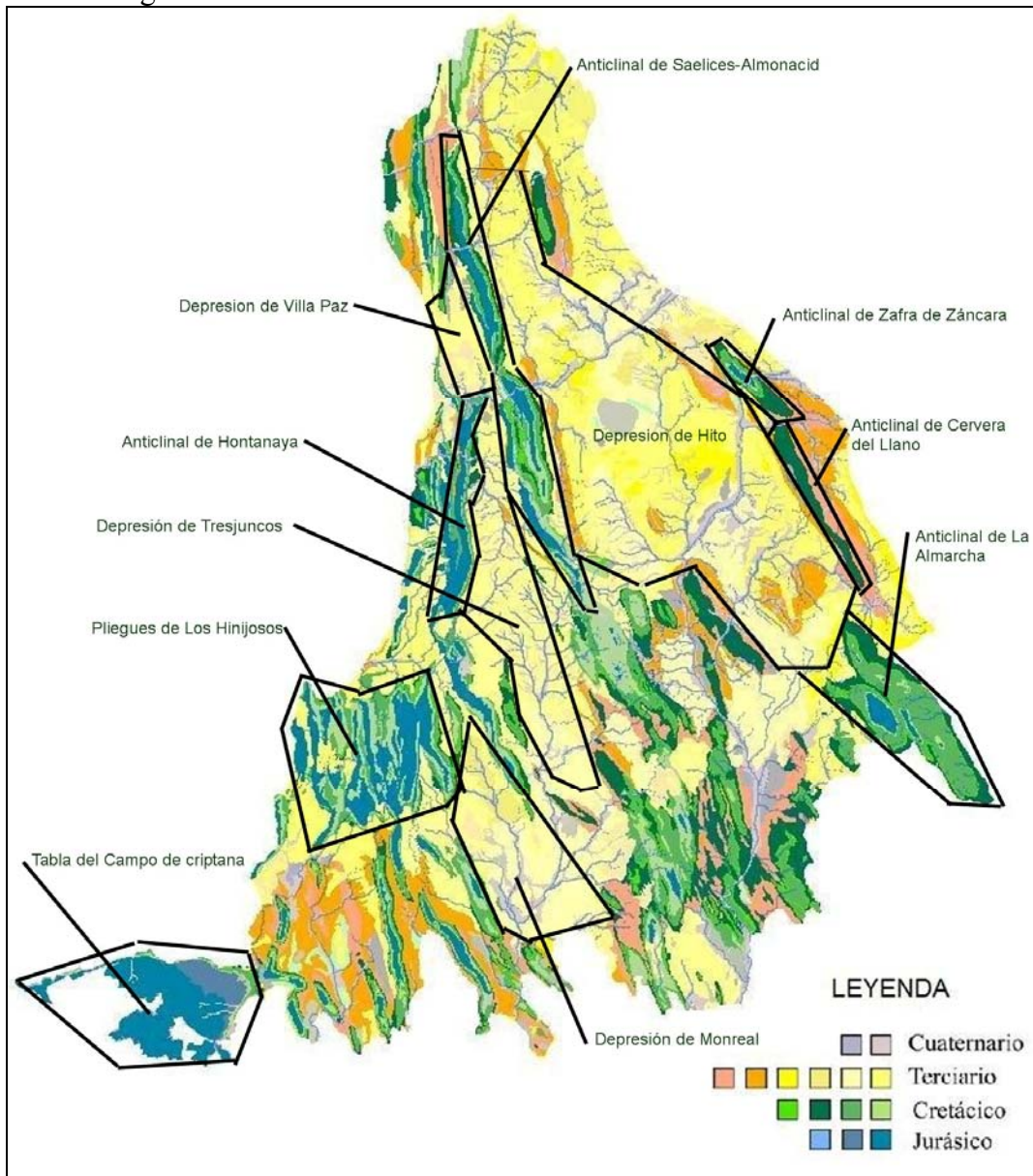


Figura 12. Principales estructuras diferenciadas.

-Depresión de Monreal. Situada en el extremo meridional de la MASb y asociado al río Monreal. Corresponde a una depresión rellena de materiales arcilloso-yesíferos y yesíferos de la Unidad Neógena, dispuestos sobre los materiales yesíferos del tránsito cretácico-terciario. Se ha estimado un espesor superior a 300 m.

-Depresión de Tresjuncos. Situada al O de la MASb. Está ocupada por materiales terciarios (carbonatados y detríticos) hasta un máximo de 350 m, discordantes sobre materiales carbonatados y yesíferos cretácicos hacia el S. No se ha descrito la Unidad

paleógena-Neógena del Terciario. Su estructura es sinclinorial, con suaves pliegues en su interior, siendo más intenso en su borde oriental, donde se desarrollan facies brechoides.

Con respecto a los pliegues y relieves se definen:

-Anticlinal de Saelices-Almonacid. Es un estrecho anticlinal con orientación N a S, de longitud próxima a los 50 km y anchura de 2 a 3 km, junto a varios cabalgamientos y escamas (se han reconocido cinco escamas en Rozalén del Monte), vergentes hacia el O. Su flanco oriental es suave mientras que el occidental está verticalizado e incluso invertido.

-Anticlinal de Záfra de Záncara. Situado en la franja más oriental, con disposición NO-SE y de 10 km de longitud y 2 km de anchura. Presenta un núcleo vergente al O, con una disposición de flanco oriental buzando suave y flanco occidental, roto y cabalgante sobre el sinclinal adyacente y afectando a los sedimentos terciarios, que también aparecen plegados. Al S existe una discontinuidad con el anticlinal de Cervera del Llano, que podría corresponder a una fractura E-O, asociada, a su vez, a una fractura NO-SE.

-Anticlinal de Cervera del Llano. Próximo al de Zafra de Záncara, parece estar separado del mismo por una fractura. Su orientación es N-S, aunque de similares características estructurales, y una longitud mayor, de 18 km.

-Anticlinal de La Almarcha. Situado al S del de Cervera del Llano. Tiene plegados varios de los ejes anticlinales que lo constituyen, con una anchura mayor, de 6 km. Aunque no se ha descrito en las memorias geológicas consultadas, se observa que la relación con el anticlinal de Cervera del Llano, que se encuentra desplazado hacia el O, pudiera ser debido a un fenómeno tectónico o falla de dirección E-O, lo que produciría una desconexión entre ambas estructuras y entre las formaciones acuíferas.

-Tabla de Campo de Criptana. Superficie situada en el extremo más SO, que adquiere el aspecto de tabla al encontrarse aflorantes las calizas jurásicas, con un espesor de hasta 150 m y que se encuentran sobre los materiales triásicos yesíferos del Keuper.

-Pliegues de Los Hinojosos. Sucesión de pliegues y cabalgamientos que afectan a materiales jurásicos y que vergen hacia el O, estando limitados a N y S por fallas de dirección E-O, que parecen individualizarlos.

-Anticlinal de Hontanaya. Constituido por la franja occidental, corresponde a un estrecho conjunto de anticlinales y escamas dispuestos de N-S.

LIMITE	TIPO	NATURALEZA
Norte	Abierto	Umbral piezométrico. Divisoria Tajo-Guadiana.
Sur		Contacto con materiales terciarios de la Fosa Manchega
Este	Abierto	Umbral piezométrico. Divisoria Zancara-Jucar.
Oeste		Contacto con materiales mesozoicos.
Noroeste	Semipermeable	Límites de materiales permeables.

Tabla 19. Límites hidrogeológicos de la MASb.

Los acuíferos están formados por una serie de calizas y dolomías jurásico-cretácicas que se apoyan sobre una base impermeable de arcillas, margas y yesos triásicos, los cuales pueden alcanzar una potencia de hasta 1.100 m en el sector oriental de la cuenca. Sobre ellas se sitúa una serie margo-yesífera del tránsito cretácico-terciario y una sucesión de depósitos de origen continental (detríticos a evaporíticos) de edades paleógenas y miocenas y potencias superiores a los 300 m, coronada por afloramientos dispersos de calizas de reducido espesor (IGME, 1983).

Acuífero	Espesor	
	Valor máximo (m)	% de la masa
Acuífero Terciario	80	6,78
Acuífero Jurásico y Cretácico	1100	93,22

Origen de la información

Estudio para la identificación y caracterización de las MASb de las cuencas intercomunitarias.
 32061: Informe final del sondeo de Puebla de Almenara
 32053: Informe final sondeo Vellisca (Cuenca)
 Informe resumen de los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del agua

Tabla 20. Espesor de los acuíferos.

La MASb está considerada como un acuífero complejo, el cual funciona en régimen libre o de semiconfinamiento en profundidad, cuyo acuífero principal está constituido por los materiales jurásicos (IGME, 1983).

El funcionamiento hidrogeológico está condicionado en gran medida por la estructura. Cabe indicarse como los niveles margosos favorecen el despegue de las distintas escamas y los cabalgamientos funcionan como impermeables de base que individualizarán acuíferos.

Los pliegues anticlinales y sinclinales funcionarán de divisoria de flujo subterráneo, así como las fallas que individualizan bloques y definen las depresiones terciarias. Se consideraba que el funcionamiento de los acuíferos podía ser libre o semiconfinado, según las zonas.

Sin embargo, esta es una simplificación que no refleja la realidad, en cuanto existen más acuíferos que se explotan. Así específicamente se pueden considerar las siguientes formaciones acuíferas, que de techo a base son:

-Acuíferos carbonatados jurásicos: Cabe destacarlos como los que presentan la mayor superficie de afloramiento. Está compuesto por una alternancia de dolomías en la base del Lias, seguidos por calizas y dolomías; finalizando con calizas a techo de la formación. Sobre los materiales anteriores se encuentran las dolomías correspondientes al Doger. Los materiales anteriores constituyen un acuífero único que debido a sus características se define como isótropo y homogéneo. El conjunto de los materiales se encuentra plegado aflorando en una alternancia de sinclinales y anticlinales. Aunque se tiende a considerar un único acuífero, se han identificado en los sondeos de investigación hidrogeológica, diferentes horizontes acuíferos, algunos de interés más local y con calidades químicas distintas.

-Acuíferos detríticos cretácicos: Compuesto por depósitos calco-margosos y brechoides en Facies Weald y por depósitos arenosos de la Formación Arenas de Utrillas. La permeabilidad es baja y con un carácter variable que depende de la proporción de cemento existente (calcáreo o margoso) y por el tamaño de grano. Debido a estas características anteriores el comportamiento hidrodinámico es semipermeable. Las Facies Weald y Utrillas, de escaso espesor y poco afloramiento, sí suponen acuíferos de interés local.

-Acuíferos carbonatados cretácicos: Constituido por una alternancia de dolomías, margas y calizas, del Cenomaniense hasta el Turoniense, cuyo potencia es superior a la centena de metros y aumentando el espesor hacia el este. Todo el conjunto al estar más próximo a la superficie, es el acuífero más intensamente explotado.

-Acuífero calco-yesífero del tránsito cretácico-terciario: aunque su utilización está condicionada por la mala calidad del agua, muy mineralizada, potencialmente supone un gran recurso muy poco explotado.

-Acuíferos terciarios: Compuesto por un conjunto de arcillas, limos y arenas presenta valores de transmisividad bajos. A techo de la serie se depositan unas calizas tableadas de origen lacustre que pueden generar pequeños aprovechamientos locales.

Los materiales más productivos dentro del Neogeno son las calizas lacustres (Facies Pontienne) del Mioceno superior. Constituyen pequeños acuíferos colgados y drenados de forma natural por manantiales. Hacia el S presentan mayores extensiones pero poco espesor que aparecen, también próximas a la superficie, sobretudo hacia el S del sistema acuífero, siendo muy vulnerables a las afecciones, tanto de explotación como de calidad de las aguas.

Corresponde a un típico acuífero multicapa, con horizontes arenosos y conglomeráticos alternantes con arcillas, y con cambios laterales de facies hacia litologías más evaporíticas, constituye otro acuífero poco conocido y de gran potencial.

-Acuíferos cuaternarios: Constituidos por materiales detríticos fundamentalmente de carácter fluvial. Presentan valores altos de permeabilidad lo que favorece la recarga hacia materiales infrayacentes por agua de lluvia y retornos de riego. El carácter productivo de los mismos es limitado al encontrarse los niveles piezométricos por debajo de su muro. Estos materiales pueden tener interés local al encontrarse asociados a los principales cauces fluviales de la zona.

7.2. FORMACIONES ACUÍFERAS.

Para facilitar el estudio y la gestión de las formaciones acuíferas, se ha planteado la definición de subzonas dentro de la MASb, realizándose con un criterio hidrogeológico y de explotación. El objetivo es facilitar la interpretación y el manejo de la información que existe en cada una de las zonas definidas. La definición de algunas subzonas no implica la existencia de otras formaciones acuíferas en el resto de superficie de la MASb.

Hidrogeológicamente se ha considerado la existencia de posibles discontinuidades hidrogeológicas y/o estructurales, las profundidades de los niveles piezométricos y la hidroquímica existente.

En base a ello se ha discretizado el territorio en subzonas, haciendo una primera diferenciación en base a las edades de los materiales. Se diferencian en subsistema acuífero jurásico (SAJ) y subsistema acuífero cretácico (SAC). En estos no se han incluido fosas y depresiones con los materiales infrayacentes a gran profundidad, en los cuales no hay sondeos de investigación hidrogeológica y cuyas características hidrogeológicas, si hubiera acuíferos, se desconoce, así como el grado de conexión hidráulica.

7.1.1. ACUÍFEROS JURÁSICOS

7.1.1.1. Descripción de los acuíferos

Los materiales jurásicos constituyen uno de los principales acuíferos de la MASb. Los afloramientos correspondientes a estos materiales se sitúan en la franja occidental y al N de la franja central.

Los materiales jurásicos susceptible de comportarse como acuífero no forman un único acuífero homogéneo. En general se diferencian tres grandes tramos, que de base a techo son:

-Tramo inferior: correspondiente a la Fm. Carniolas de Cortes de Tajuña, está constituido por carniolas y calizas con un espesor de 300 m.

-Tramo medio: formado por el tramo superior de la Fm. Cuevas Labradas, está constituido por calizas, dolomías, margas y calizas margosas. Su espesor puede alcanzar 60-100 m y tiene un importante papel hidrogeológico, es un mal acuífero aunque su funcionamiento como semiconfinante permite la recarga del acuífero inferior y su conexión con el superior; asimismo, según las zonas puede ser más carbonatado.

-Tramo superior: corresponde a la Fm. Carbonatada de Chelva y los materiales del Dogger formado por dolomías y calizas, con un espesor entre 120-300 m.

En conjunto, estas formaciones jurásicas pueden tener un espesor de 420-800 m, sin considerar que los buzamientos incrementan el espesor de la zona saturada. Otro hecho a considerar es la diferente circulación del flujo, tanto en su infiltración a través de la zona no saturada como en la propia zona saturada. El agua circula, en los acuíferos carbonatados, gracias a la porosidad por fracturación y disolución, pero también por franjas irregulares que corresponden a zonas más fracturadas, con distintos grados de dolomitización o con variaciones litológicas que pueden favorecer la existencia de horizontes más porosos dentro de formaciones carbonatadas.

Los pliegues y fallas afectan al comportamiento hidrodinámico desconectando acuíferos a causa de las divisorias hidrogeológicas que forman los ejes anticlinales y cabalgamientos cuyo material infrayacente es impermeable. Así se pueden definir una serie de subunidades acuíferas locales que permitirán conocer mejor el funcionamiento hidrogeológico del mismo. Dichas subunidades estarán definidas en función de la estructura, posibles desconexiones hidráulicas y de la facilidad de acceso para su explotación, por tanto no se contemplan como tales a las formaciones acuíferas subyacentes en las Depresiones terciarias. Estas son:

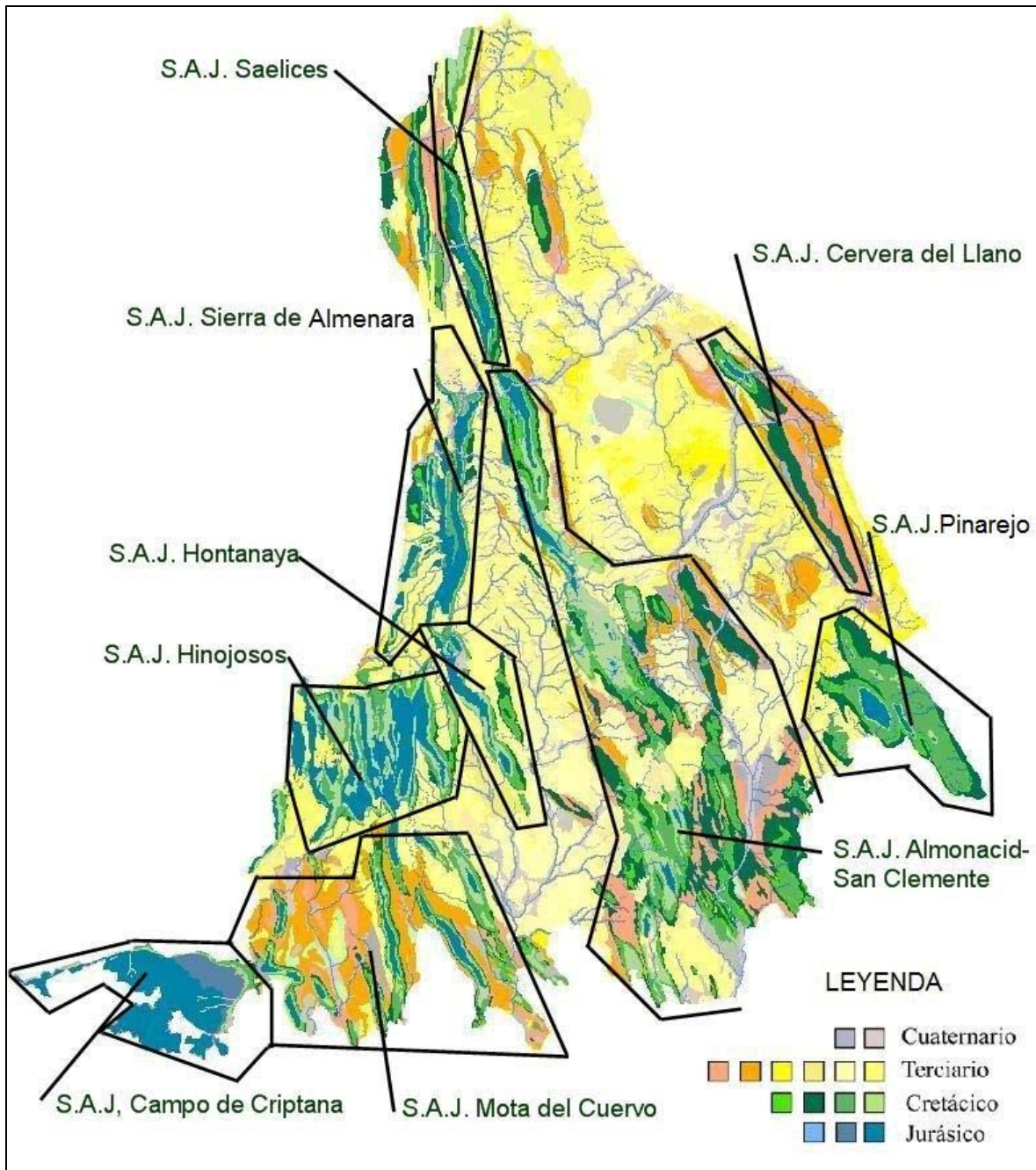


Figura 14. Subacuiferos jurásicos definidos para el presente estudio.

-S.A.J. Saelices. Limitado por el río Riansares al N y el río Cigüela al S. Corresponde al tramo superior de los carbonatos jurásicos y que presenta unas transmisividades del orden de 8-110 m²/día. En los sondeos perforados en Saelices, separados 200 m, se han observado distintos horizontes acuíferos con una diferencia de cota piezométrica de 75 m, ello indica la existencia de diferentes horizontes acuíferos asociados a las formaciones jurásicas; así el sondeo Saelices I, de 300 m de profundidad, tiene una PNP de 117,2 m (832,8 m s.n.m.; marzo de 2004) mientras que el sondeo Saelices II, a unos 200 m del anterior y con una profundidad similar, presentaba una PNP de 42,4 m (907,6 m s.n.m. en septiembre de 2004); ello se debe a que este segundo sondeo captó agua en distintos horizontes, dentro de una litología carbonatada (a 44 m, a 52 m, 94 m, 156 y 180 m.) Evidentemente estos horizontes tienen diferentes PNP, correspondiendo a niveles más locales (Martínez, 2004).

-S.A.J. de Sierra de Almenara. Área correspondiente al flanco occidental de la Depresión de Tresjuncos, rellena de materiales detríticos terciarios de hasta 500 m. Forma en su extremo varios cabalgamientos y al S se acaba abruptamente en la Cañada Honda en Hontanaya. Afecta a ambos tramos acuíferos del Jurásico. Se ha reconocido en Villamayor de Santiago, donde se atravesaron 153 m de una serie dolomítica, con abundante karstificación entre los 48 y los 100 m. Las transmisividades son del orden de 5.000 m²/día en Villamayor de Santiago, con caudales de explotación de 30 l/s. La cota piezométrica en 1994 correspondería a 730 m s.n.m.

-S.A.J. Almonacid-San Clemente. Corresponde al de mayor superficie, ocupando casi toda la franja central. Está limitado por la depresión de Tresjuncos al O y la depresión de El Hito y de Rus al E. Existen pocos afloramientos, encontrándose muy cubierto por los materiales cretácicos, sin embargo se encuentra muy fracturado y karstificado, así en el sondeo de Almonacid del Marquesado se identificaron cavernas a 86 m de profundidad. En general el conjunto se encuentra estructuralmente afectado por estrechos pliegues de orientación NO-SE. En la zona meridional se captan todos los tramos acuíferos jurásicos, mientras que al S, donde se encuentran cubiertos por los depósitos cretácicos, se capta el tramo superior. Este tramo se ha reconocido en Belmonte, donde se observa que el acuífero se encuentra muy fisurado con horizontes margosos en la base, que pueden aislar niveles calizos métricos que funcionan como acuíferos locales. Asimismo, puede existir una conexión lateral con las formaciones acuíferas de la Masb. contigua, 041.005 Rus-Valdelobos. Se dispone de pocos ensayos, con transmisividades bajas al N (en torno a 10 m²/día) incrementándose al S (500-2.000 m²/día). Los caudales de explotación también se incrementan al S, pasando de 7,5 l/s a los 40 l/s. La circulación del flujo es hacia el S. Aunque al N se define un flujo menor que circula hacia el río Cigüela.

-S.A.J. Cervera del Llano. Aflora al NE, limitado por las depresiones de El Hito e Intermedia. Se capta el tramo superior en los sondeos de abastecimiento de Montalbanejo y de La Hinojosa, con caudales de explotación inferiores a 10 l/s y una transmisividad de 100 m²/día.

-S.A.J. Los Hinojosos. Situado en el extremo más occidental corresponde a un conjunto de estrechos pliegues de orientación N-S, truncados a N, O y S por fallas y fracturas regionales. Afecta a los tramos inferior y superior. La transmisividad es baja, inferior a 10 m²/día y los caudales inferiores a 10 l/s.

-S.A.J. Hontanaya. Situado entre la depresión de Tresjuncos al este y la depresión de Monreal al O. Capta los tramos superior e inferior, aunque el primero en el sondeo de Hontanaya (Figura 15) se encontraba seco. La transmisividad es del orden de $300 \text{ m}^2/\text{día}$, con caudales de explotación del orden de 10 l/s.

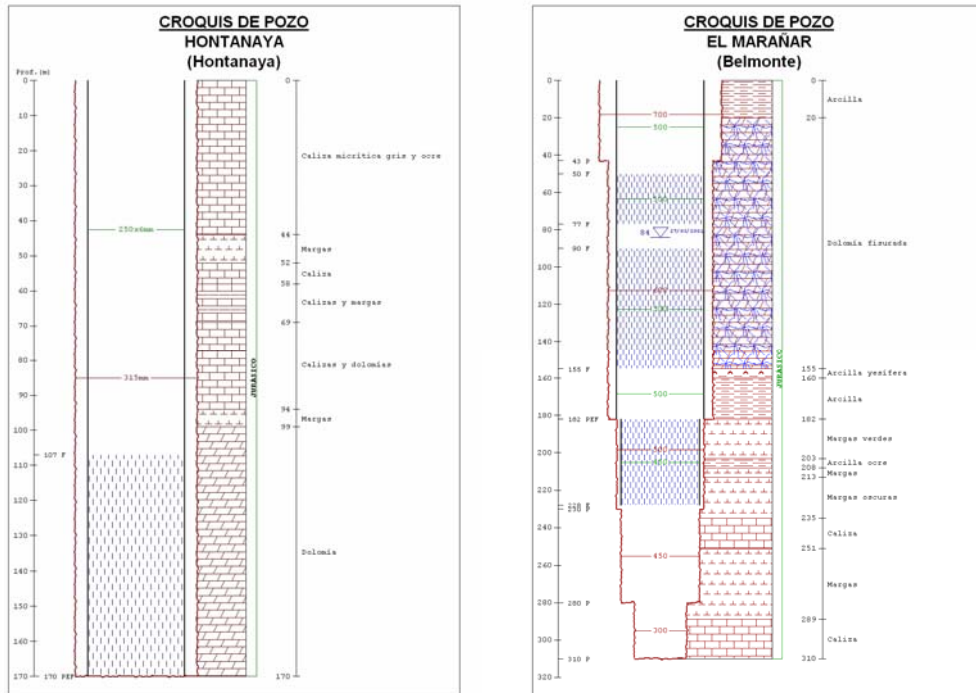


Figura 15 Sondeo Hontanaya , en el S.A. Hontanaya y El Marañar en el S.A. Almonacid-San Clemente.

-S.A.J. Mota del Cuervo. Son estrechos pliegues dispuestos de N-S y depresiones terciarias que rellenan las depresiones interpliegues. En el entorno a la población de Las Mesas se han realizado sondeos que captan directamente los carbonatos jurásicos o atraviesan los materiales cretácicos, a 92 y 190 m de profundidad, con niveles piezométricos similares a los acuíferos cretácicos, del orden de 677-684 m s.n.m.

Las transmisividades son muy variadas, su distribución en superficie muestra como los acuíferos captados en zonas con menos pliegues, al S, son más transmisivas, mientras que en las zonas de pliegues, hacia el O, las transmisividades son bajas, inferiores a $300 \text{ m}^2/\text{día}$.

-S.A.J. de Pinarejo. Es un afloramiento aislado entre depresiones rellenas de materiales terciarios, al E del área de estudio. La cota piezométrica, en junio de 2006 era de 753 m s.n.m. La transmisividad se encuentra en torno a $200-700 \text{ m}^2/\text{día}$, con caudales de explotación de 12 l/s.

-S.A.J. Campo de Criptana, en el extremo más SO, corresponde a una superficie de aspecto tabular constituida por las calizas basales, con un espesor máximo de 150 m. Está captada por diversos sondeos. Se ha estimado una transmisividad del orden de $300 \text{ m}^2/\text{día}$.

No se tiene suficiente información para conocer las posibles conexiones de los diferentes SAJ. Según la piezometría que se puede establecer en el apartado siguiente, el 7.1.1.2., podría existir una conexión entre los SAJ de Sierra de Almenara, Hontanaya y entre los SAJ Hinojosos, Mota del Cuervo y Campo de Criptana. En su extremo oriental, podrían estar conectados los SAJ Almonacid-San Clemente y con Pinarejo.

7.1.1.2. Evolución piezométrica

Se ha planteado un doble enfoque relativo a la piezometría. Por un lado la utilización de datos actuales para su representación en mapas de isopiezas y por otro, la utilización de las redes de control existentes para el estudio de la evolución piezométrica, procedentes de la Confederación Hidrográfica del Guadiana y del IGME.

La evolución de la piezometría se establece a partir del tratamiento de los datos históricos procedentes de las redes de piezometría del IGME y de la CHG. Se han identificado los piezómetros correspondientes a los acuíferos jurásicos, estudiándose el periodo comprendido entre octubre de 1973 a mayo de 2008.

Asimismo se ha elaborado un esquema de funcionamiento hidrodinámico tentativo, para establecer las principales direcciones de flujo, empleándose datos procedentes de diversas fechas, en un periodo de los últimos 15 años (1993-2008), considerando unas isopiezas de 25 m (Figura 16) y se ha trazado un nuevo mapa de isopiezas con los datos obtenidos en los años 2009 y 2010 (Figura 17).

Con respecto a la evolución de los piezómetros estudiados, para el periodo 1973-2008, las variaciones en cada piezómetro han superado los 15 m.

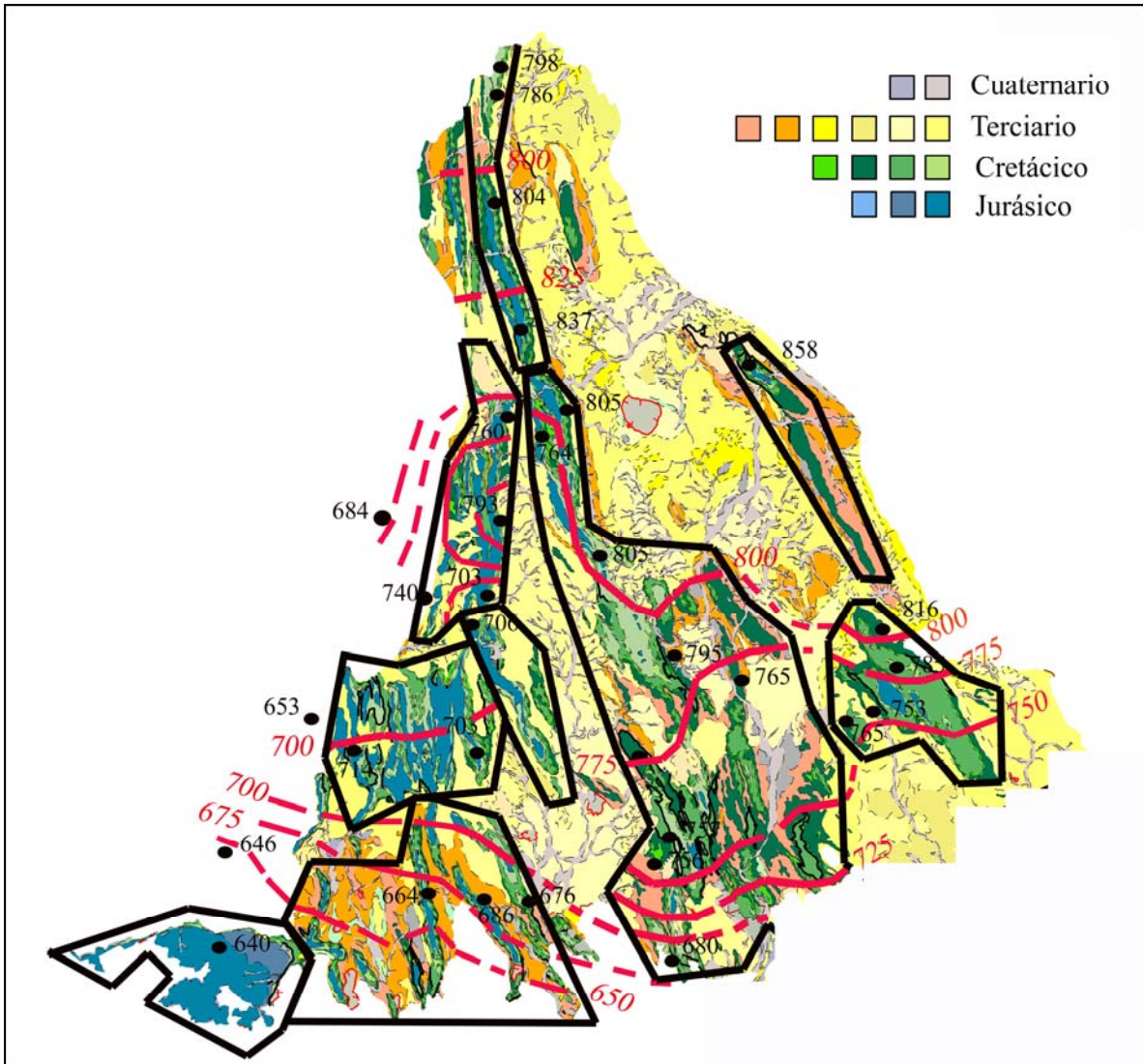


Figura 16. Aproximación al funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos jurásicos de las MASb estudiadas. En rojo las isopiezías con información de datos provenientes de los últimos 15 años.

Se observa, una circulación preferencial hacia el S, hacia Mancha Occidental y Rus-Valdelobos. No obstante se observa un flujo proveniente de la cuenca del Tajo, al N, correspondiente a la MASb (030.014) Entrepeñas hacia el S.A.J. Saelices y desde el S, de la (041.010) Campo de Montiel, al S.A.J. Relieves de Minaya. También se define una circulación hacia el O, a la MASb Lillo-Quintanar y a la MASb Consuegra-Villacañas; así como al E, a la Cuenca del Júcar. No obstante, las diferentes S.A.J. permiten observar algunas posibles desconexiones entre los de la zona central y zona occidental principalmente. Así se define una circulación hacia el río Cigüela al N y hacia el río Riansares, al O. Las cotas piezométricas se encuentran entre 640-842 m s.n.m., con un gradiente piezométrico del orden de 4 %.

En diciembre de 2008 se realizaron aforos diferenciales en el río Cigüela, observándose que en la entrada del río a la Sierra de Altomira y su salida del sistema acuífero, el río gana del orden de 225 l/s, procedente posiblemente del Jurásico ya que en las inmediaciones de Segóbriga, los manantiales de Fuencaliente, procedentes del Jurásico, ceden al río ese orden de caudal.

En el año 2010 se han realizado medidas piezométricas en los sondeos de abastecimiento, trazándose las isopiezas de la Figura 17, las cuales muestran una disposición similar a las mostradas en la Figura 16.

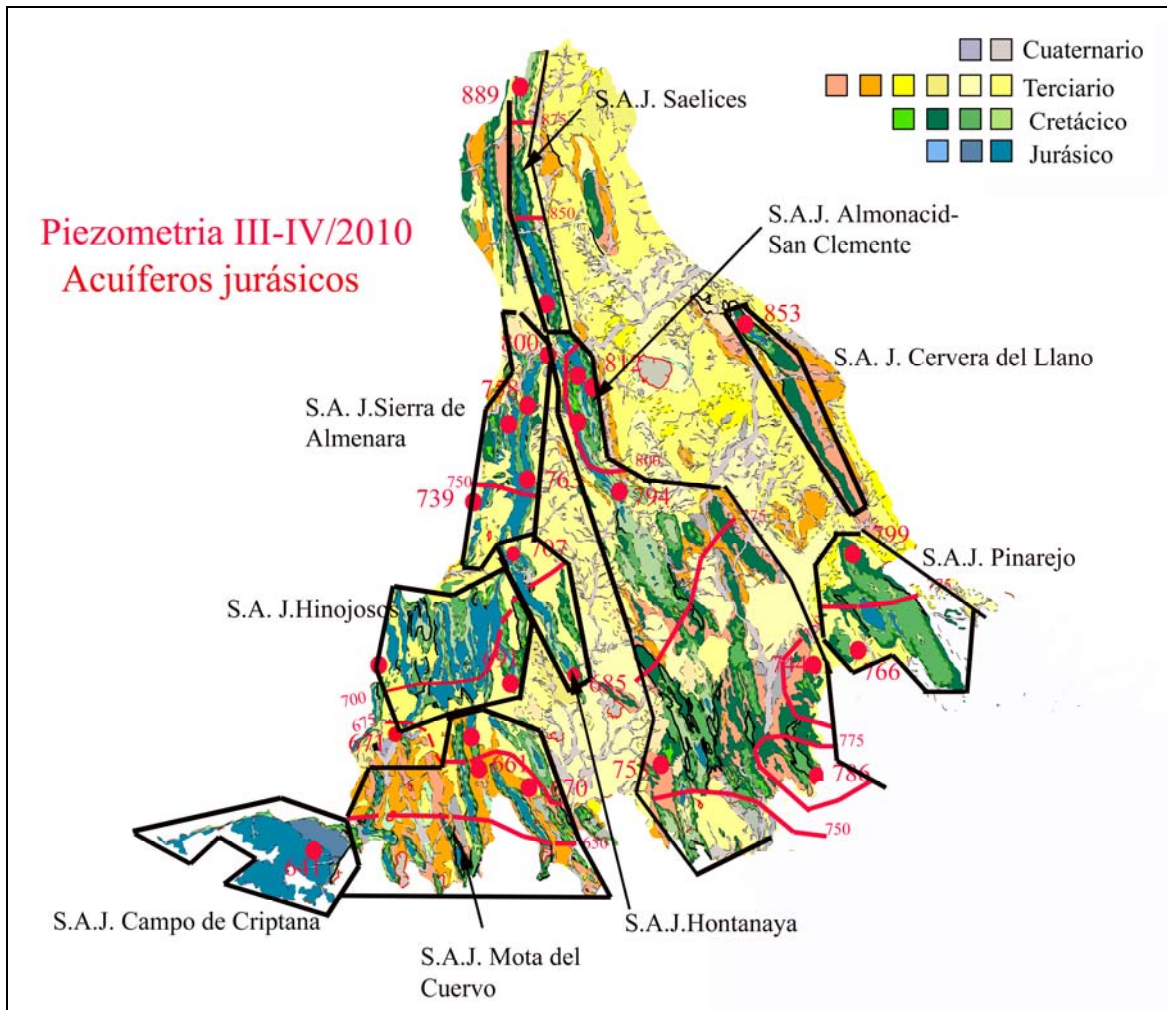


Figura 17. Aproximación al funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos jurásicos de las MASb estudiadas. 2010.

Atendiendo a la evolución de los piezómetros seleccionados como representativos del acuífero jurásico se observa, a grandes trazos, un suave descenso del nivel piezométrico, que se acentúa a partir de la década de los años 80 del siglo pasado, entre 20-30 m, para recuperarse algo a principios del año 1997, coincidiendo con un periodo húmedo; sin embargo, tras una leve recuperación vuelve a tender al descenso suave; así descende en general, para un periodo comprendido entre 1977 y 2008, hasta un máximo de 32 m. El efecto de estas lluvias de diciembre de 1996 son ascensos de 3-15 m en los acuíferos septentrionales y más moderados, de hasta 10 m en las meridionales.

Subsistema acuífero	Nº del piezómetro	Z	P
Saelices	2225-1-0014	860	130
Sierra de Almenara	2125-8-0015	820	164
	2126-4-0007	790	150
Almonacid-San Clemente	2226-2-0001	910	
	2228-1-0007	722	234
	2328-6-0018	750	192
	2328-6-0001	731	93
Cervera del Llano	2225-8-0010	950	185
Los Hinojosos	2127-3-0002		
Hontanaya	2126-8-0010	825	170
Mota del Cuervo	2127-8-0002	740	136
	2127-8-0007	738	130
Pinarejo	2327-2-0018		150

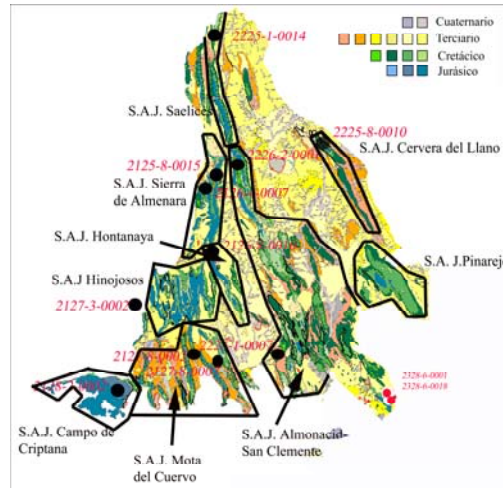


Tabla 21. Piezómetros más significativos de los acuíferos jurásicos procedentes de las redes del IGME y de la CHG (Z- cota topográfica en m s.n.m.; P- profundidad en m).

Los situados al N, (S.A.J. Saelices, Cervera del Llano, Pinarejo) muestran una estabilidad, para los periodos estudiados. Así en el **S.A.J. Saelices**, para una serie comprendida entre 1980-87 el descenso es de 3 m. En el **S.A.J. Cervera del Llano** el descenso es de 4 m (1987-2002), con un incremento del mismo tras las lluvias de finales de 1996, un patrón de comportamiento que se repetirá en la mayoría de los piezómetros.

En el **S.A.J. Pinarejo**, para el periodo 1979/89 se observa un mantenimiento de la cota piezométrica.

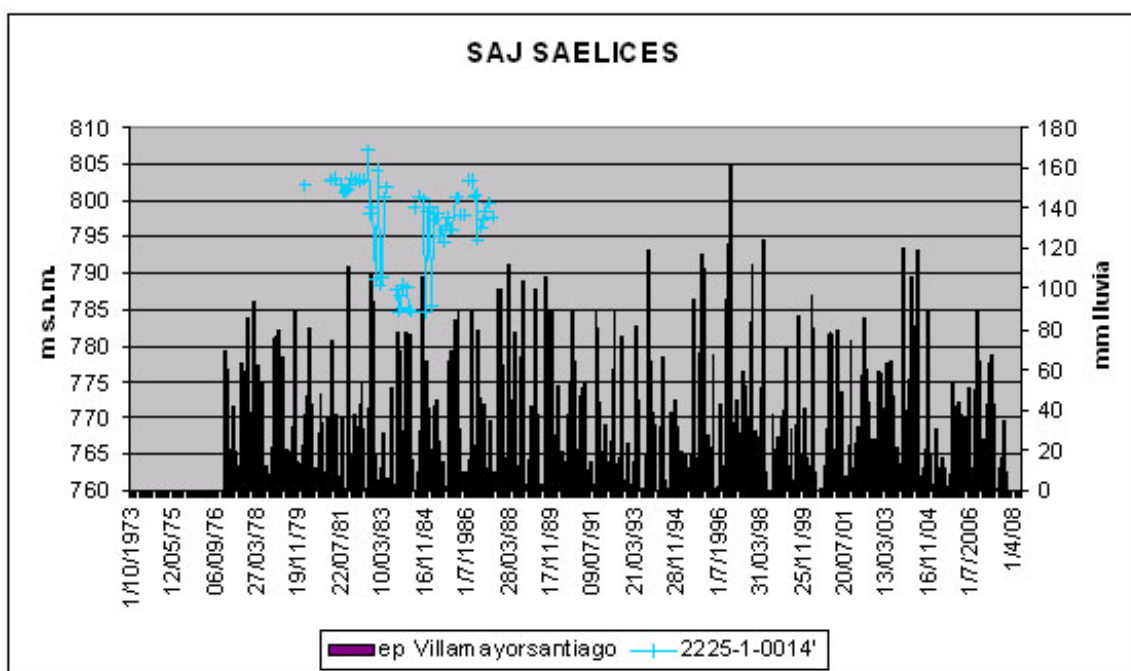


Figura 18. Evolución piezométrica S.A.J. Saelices.

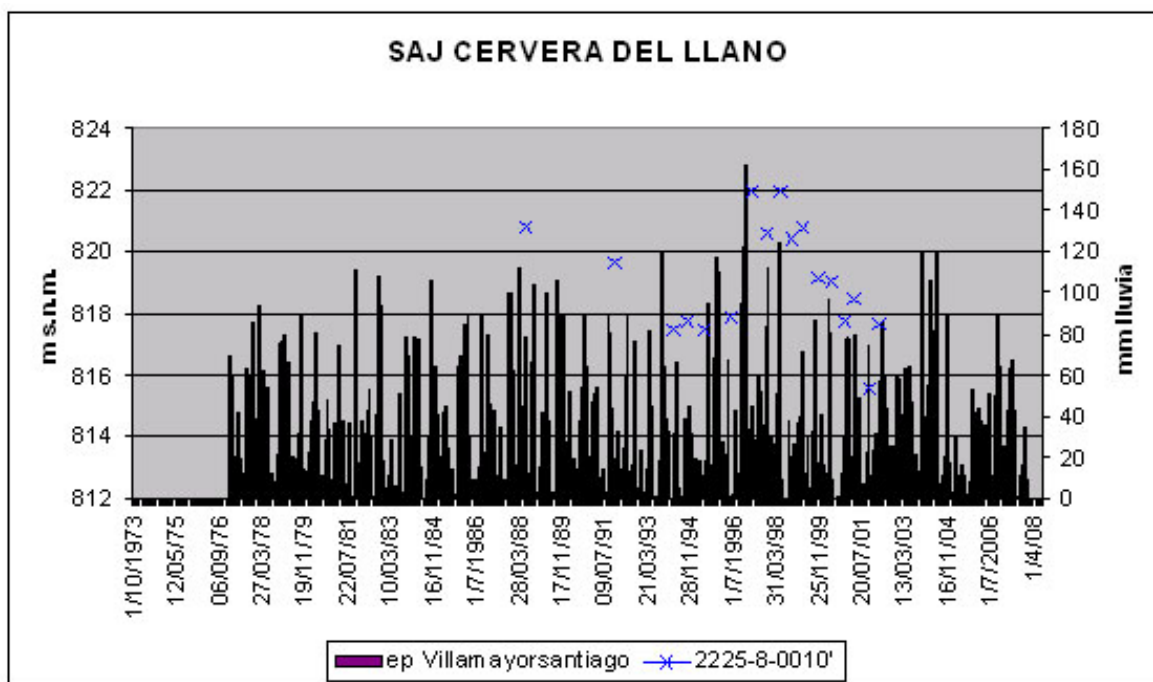


Figura 19. Evolución piezométrica S.A.J. Cervera del Llano.

En el **S.A.J. Sierra de Almenara**, entre noviembre de 1988 a octubre de 2002 se aprecia la misma tendencia al descenso, entre 9 y 11 m, que se rompe temporalmente cuando se producen las fuertes lluvias de finales de 1996, ascendiendo de 3 a 9 m. Las cotas piezométricas de los puntos de control muestran valores de 775-758 m s.n.m. y de 690-670 m s.n.m; esta diferencia indica un gradiente muy acusado o bien la existencia de acuíferos con distintos niveles piezométricos y, por tanto, desconectados. Asimismo en las proximidades de Saelices, pero en su orilla derecha del Cigüela, se encuentra el manantial de Fuencaliente, que capta el tramo superior del acuífero; esta dreña hacia el río Cigüela, con una cota piezométrica de 800 m s.n.m. Así resulta evidente la existencia de dos circulaciones, hacia el río Cigüela y hacia el S.

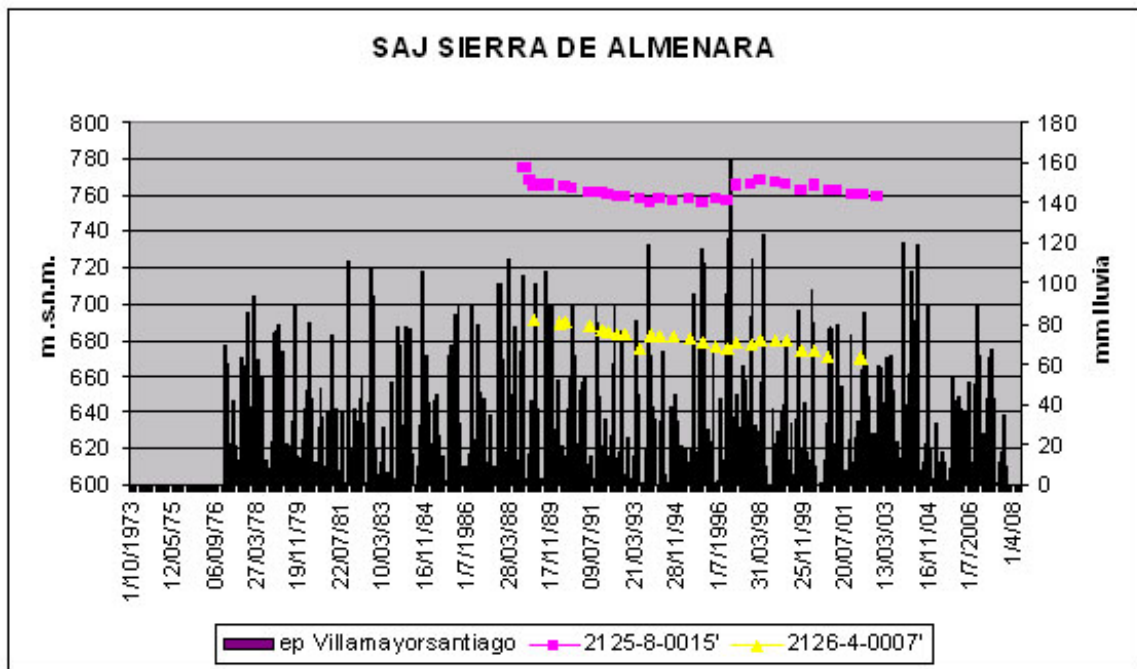


Figura 20. Evolución piezométrica S.A.J. Sierra de Almenara.

En el **S.A.J. Almonacid-San Clemente**, se observa que en el N la cota piezométrica se encuentra a 820-850 m s.n.m. mientras que hacia el S, en Las Pedroñeras y San Clemente la cota se encuentra entre 650-680 m s.n.m. esta diferencia de cota, de hasta 200 m indica la desconexión de los acuíferos jurásicos existentes; así en la parte septentrional su circulación será hacia el río Cigüela, al N y NO mientras que hacia el S drenarán hacia los ríos Saona, Záncara y Rus. La tendencia es la del descenso continuado, interrumpido por la influencia de las lluvias de finales del año 1995, que produjo una recuperación que se mantuvo hasta inicios del año 2000. Asimismo, en San Clemente se sitúan dos piezómetros (2328-6-0001 y 6-0018) con una diferencia de profundidad de 100 m, así el 2328-6-0018, el más profundo, presenta una cota piezométrica más elevada que el más somero, indicando su confinamiento, esta diferencia se encuentra en torno a 25-30 m.

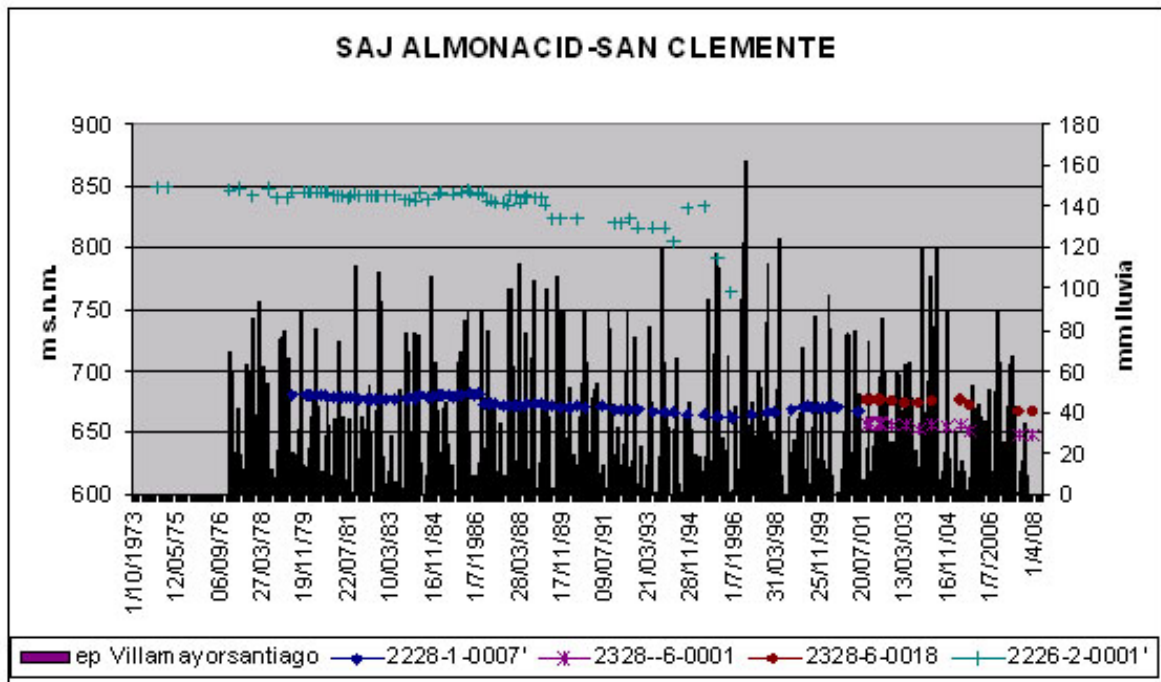


Figura 21. Evolución piezométrica S.A.J. Almonacid-San Clemente.

En el **S.A.J. Hontanaya** se mantiene la misma tendencia al descenso con la influencia de la lluvia de finales de 1996 con un ascenso inmediato de 15 m, mostrando una recarga directa de la infiltración de la lluvia. Otras lluvias que influyen son las de otoño-invierno de 1985 y de marzo de 1988. Este descenso, entre febrero de 1980 a julio de 2002, desciende 17 m.

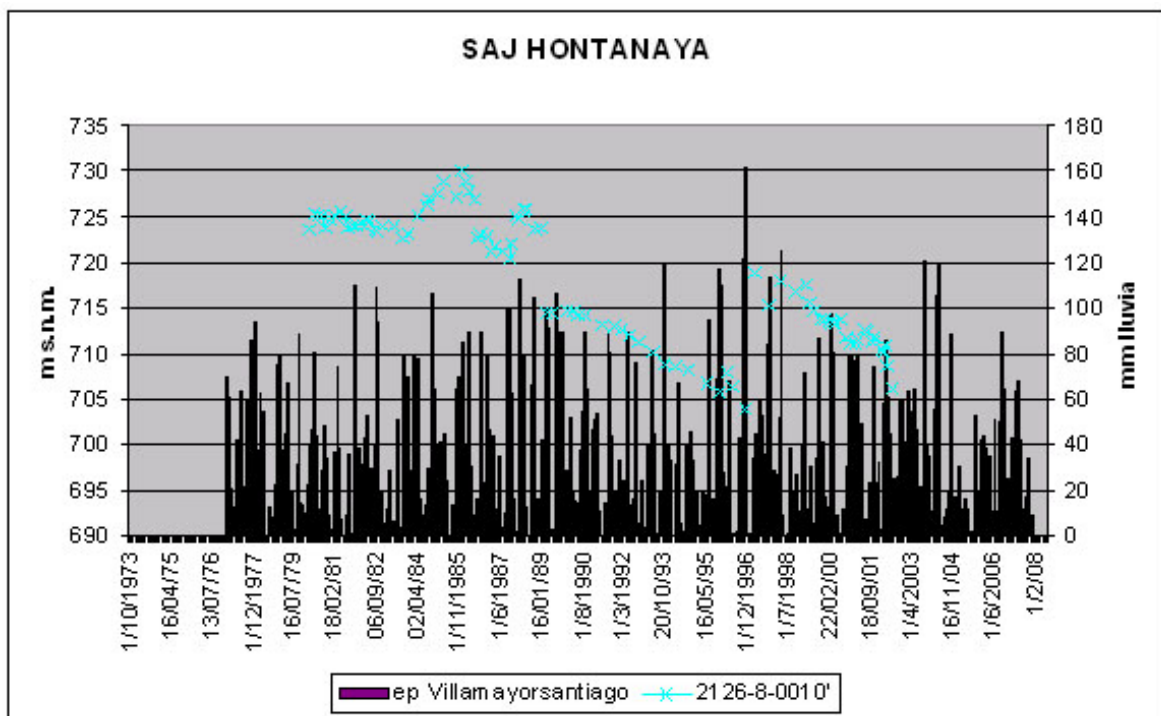


Figura 22. Evolución piezométrica S.A.J. Hontanaya.

En el **S.A.J Pliegues de Mota del Cuervo** se observa idéntica tendencia que la mayoría de SAJ septentrionales: descenso suave, interrumpido por lluvias fuertes puntuales que producen rápidas recuperaciones. El descenso que se produce se encuentra en 24 m para una serie entre mayo de 1979 a septiembre de 2001. También se observa que uno de los piezómetros muestra fuertes descensos, de difícil interpretación hidrogeológica pero que por su aleatoriedad que pueden ser debidos a problemas constructivos.

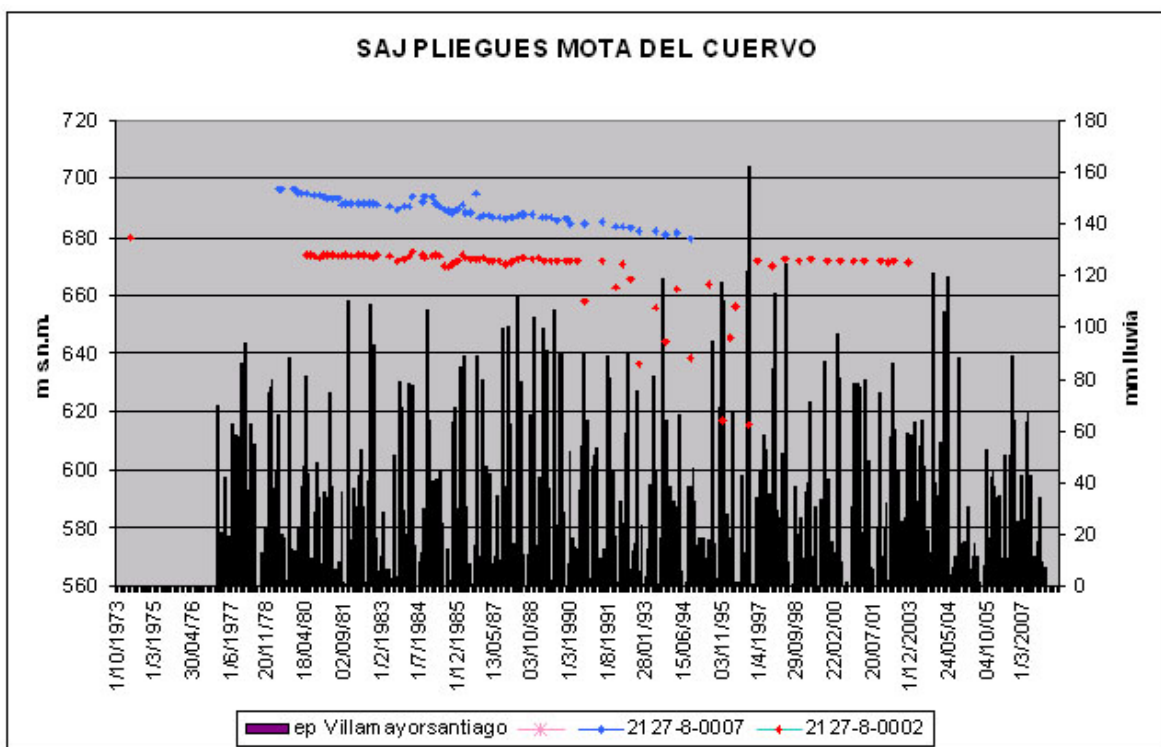


Figura 23. Evolución piezométrica S.A.J. Pliegues Mota del Cuervo.

En el **S.A.J. Hinojosos**, el piezómetro 2127-3-0002 muestra un descenso de 33 m entre octubre de 1973 a noviembre de 2002, con un ascenso de 10 m tras las lluvias de finales de 2005.

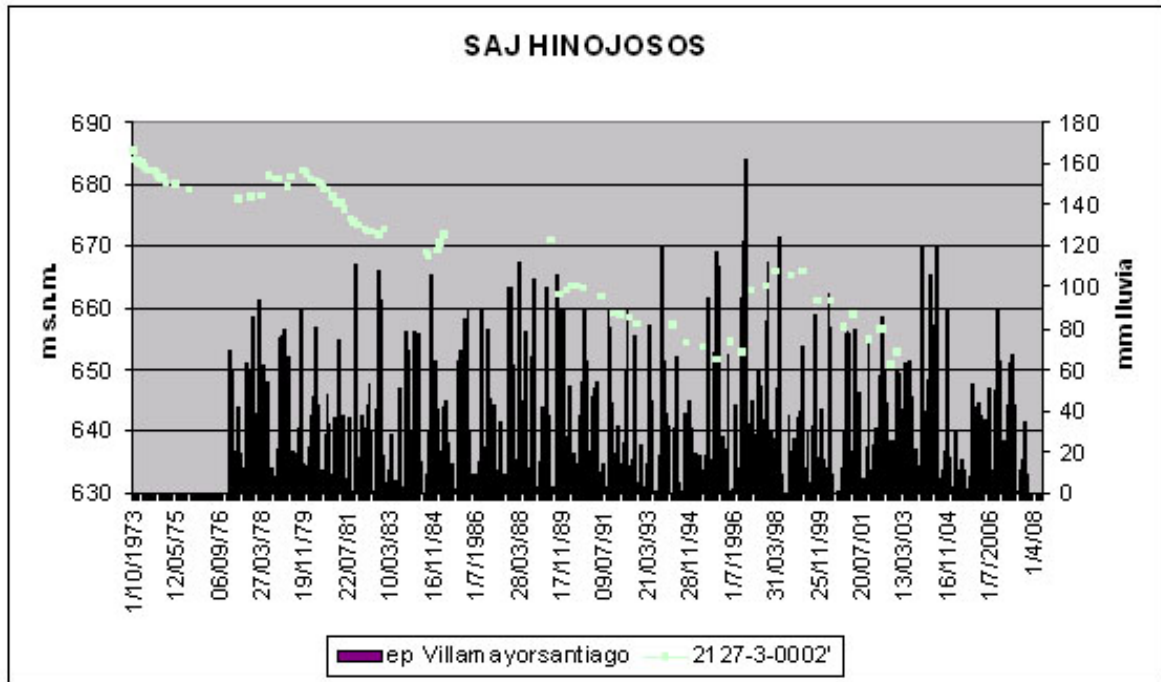


Figura 24. Evolución piezométrica S.A.J. Hinojosos.

Por último para el **S.A.J. Campo de Criptana**, el piezómetro 2128-2-0002 muestra un acentuado descenso desde 1973 a marzo de 2003, del orden de 22 m, tendencia que se interrumpe momentáneamente con estaciones muy húmedas, así con las lluvias de 2006, en nivel piezométrico recuperó unos 10 m.

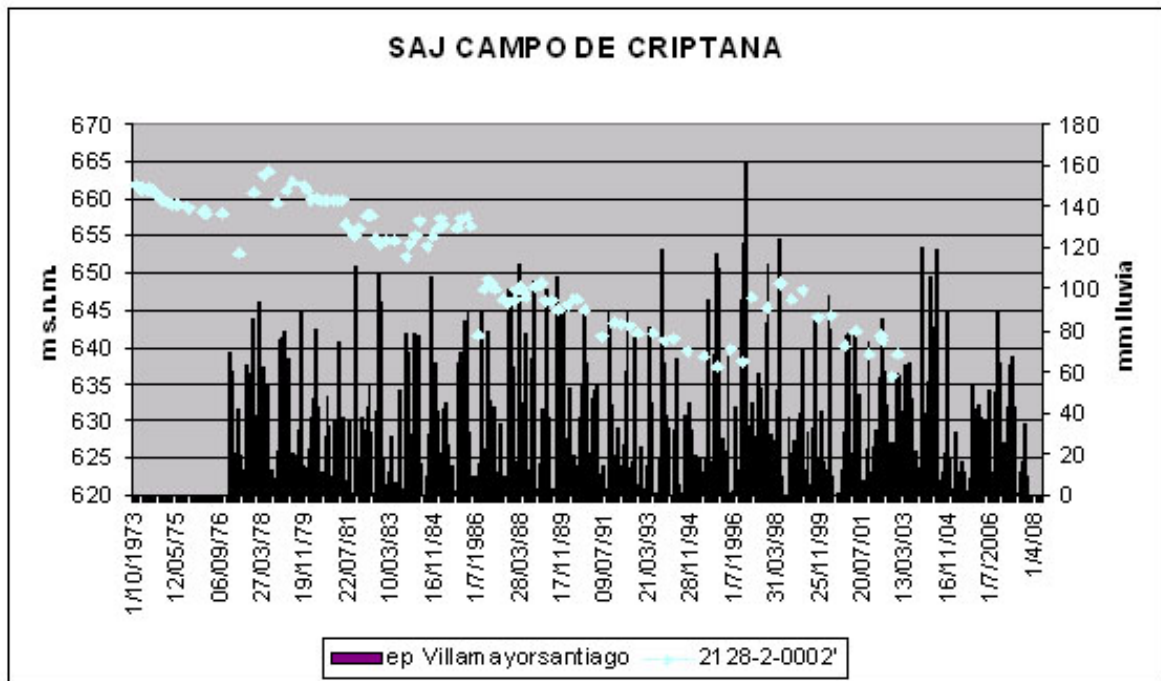


Figura 25. Evolución piezométrica S.A.J. Campo de Criptana.

7.1.2. Acuíferos cretácicos.

7.1.2.1. Características de los acuíferos.

Las formaciones carbonatadas cretácicas constituyen la mayor parte de superficies aflorantes de materiales mesozoicos, en su parte central y oriental, encontrándose infrayacentes a los materiales yesíferos del tránsito al terciario y, discordantemente, bajo los depósitos terciarios detríticos y yesíferos que rellenan las fosas y depresiones existentes.

Específicamente, las formaciones cretácicas que constituyen los acuíferos de base a techo, son:

- Calizas y margas cenomanienses, con espesores medios de 80 m que constituyen acuíferos de interés local.
- Calizas, dolomías y brechas del Turoniense-Campaniense, diferenciándose a base un conjunto más dolomítico con un espesor de 100-160 m y a techo un conjunto más brechoide y masivo, en ocasiones con yesos con un espesor de 60-100 m, separados ambos tramos por 5-10 m de margas. Estos horizontes y principalmente el tramo inferior, constituyen los principales acuíferos carbonatados que se explotan, ya que su agua es de excelente calidad y se encuentran en general karstificados.
- Calizas, margas y yesos del tránsito Cretácico-Terciario; es un acuífero de deficiente calidad química aunque con importantes caudales de explotación, como en el área de Cervera del Llano.

Al igual que en el caso de las formaciones acuíferas jurásicas, se pueden definir, en función de las estructuras (pliegues anticlinales, fallas, escamas) que constituyen divisorias hidrogeológicas, y su facilidad de captación para su explotación, los siguientes subsistemas acuíferos:

- S.A.C. Escamas y pliegues de Uclés.
- S.A.C. Anticlinal de Carrascosa del Campo
- S.A.C. Montalbo
- S.A.C. Villares del Saz
- S.A.C. Castillo de Garcimuñoz.
- S.A.C. Pliegues de Mota del Cuervo
- S.A.C. Sierra de la Coba
- S.A.C. Fuentelespino de Haro
- S.A.C. Carrascosa de Haro-Belmonte
- S.A.C. Anticlinales de Alconchel de la Estrella

Obviamente, en las zonas cubiertas por depósitos terciarios se pueden captar también estas formaciones acuíferas. Asimismo estos subsistemas pueden coincidir en gran parte con los subsistemas acuíferos jurásicos, pero, como se vió en la descripción de éstos últimos, no existen una evidente conexión entre ambos para que tengan la misma cota piezométrica.

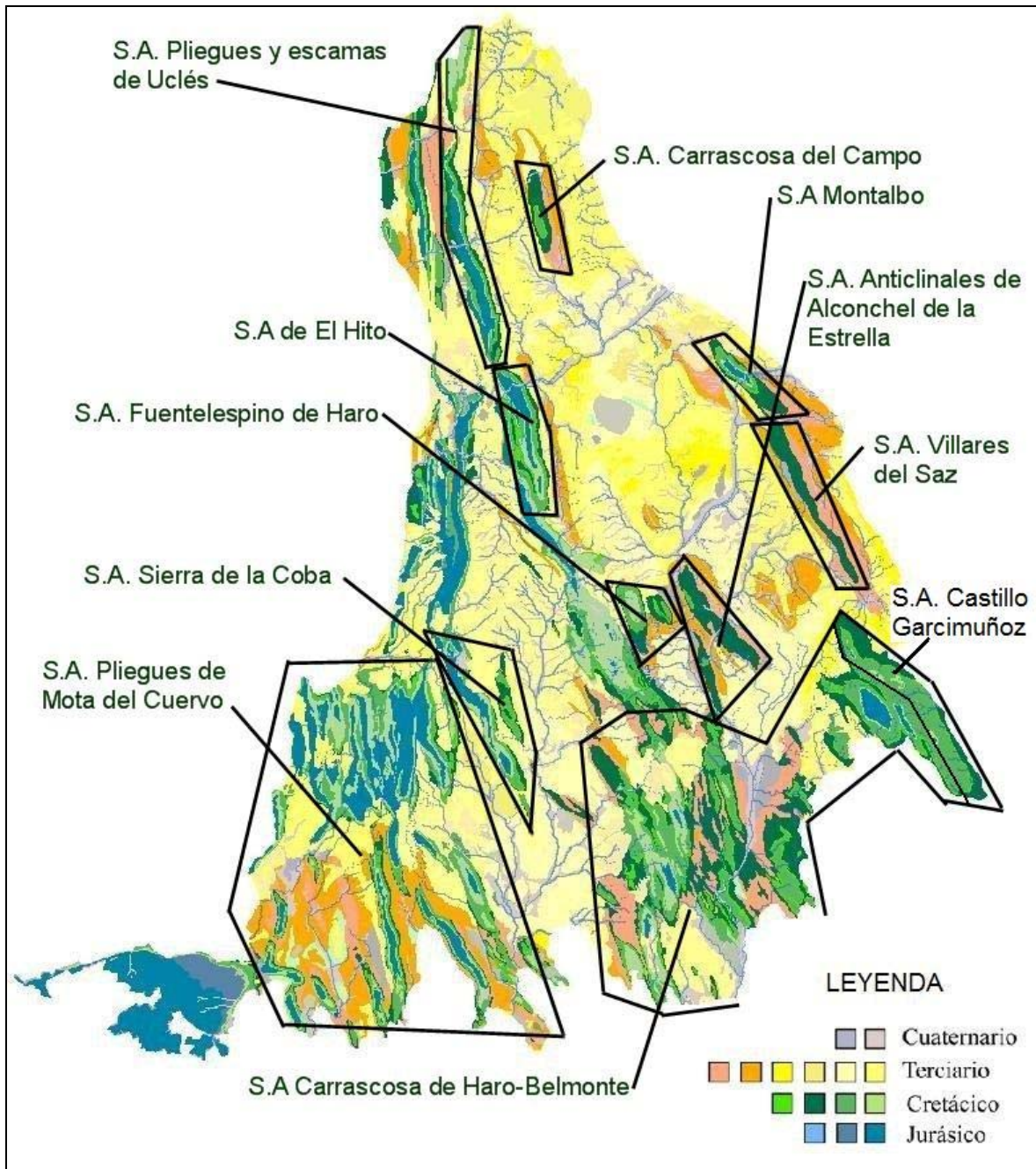


Figura 26. Subacuíferos cretácicos definidos para el presente estudio.

El S.A.C. Escamas y pliegues de Uclés está constituido por un conjunto de escamas y cabalgamientos (Martínez, 1996) que individualizan acuíferos. Un ejemplo de ello son:

-Escama de Fuenterredonda: Se sitúa al O del cabalgamiento del anticlinal de Santa Quiteria. Asociada a la misma se halla el manantial de Fuenterredonda, que drena las aguas circulantes por las brechas del Cretácico superior -muy oquerosas- aunque las dolomías subyacentes no presentan surgencias asociadas. Los estratos buzan hacia el E unos 30°. Estos materiales se hallan separados entre sí por unas margas. Su nivel piezométrico en la

zona de descarga es de 845 m s.n.m. Al alejarse del frente de cabalgamiento hacia el Este el acuífero incrementa su espesor. La fuente que abastece a Uclés, así como el pozo Airón, se hallan en el punto más bajo topográficamente del acuífero y constituyen el drenaje natural del mismo (Figura 27).

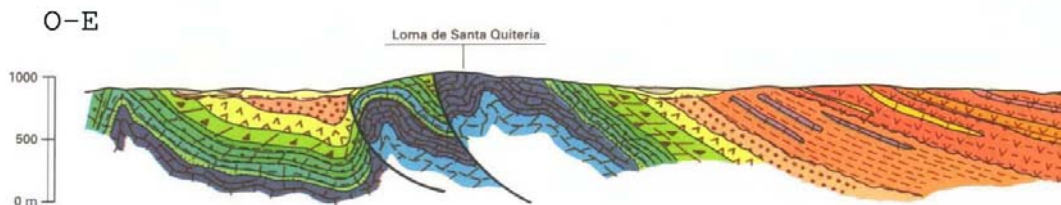


Figura 27. Fuenterrredonda. Foto en panorámica en la que se observa el cabalgamiento de calizas cretácicas y al fondo, donde se ven los árboles, correspondería al nacimiento de la fuente. En la imagen inferior, corte geológico que correspondería a la estructura de las formaciones cretácicas. Se puede observar que el flanco oriental de la Loma de Santa Quiteria no tiene conexión hidrológica con la escama de Uclés.

- **Cabalgamiento del anticlinal de Santa Quiteria:** Se hallan asociados al mismo dos sondeos de 130 m de profundidad, a unos 2.000 m al E de Fuenterrredonda, ya en Rozalén del Monte, con una cota piezométrica de 794 m s.n.m y un caudal de 126 l/s. Este sondeo se emplea para abastecer a Tarancón. Aunque no se dispone de las columnas litológicas, es posible que ambos sondeos exploten los acuíferos del Cretácico superior, aunque los correspondientes al flanco oriental del anticlinal de Santa Quiteria y no materiales jurásicos. Estos acuíferos no se encuentran relacionados con los de la escama de Fuenterrredonda.

-S.A.C. Sierra de la Coba. Limita al E con la depresión de Tresjuncos y corresponde al flanco oriental del anticlinal de núcleo jurásico que se define en orientación NO-SE. Se han perforado sondeos de abastecimiento para Hontanaya y para Osa de la Vega, así como sondeos de riego, de profundidades entre 80-120 m. Las transmisividades son del orden de 200 m²/día en Hontanaya y del orden de 6.000 m²/día en Osa de la Vega, aunque se trata de datos de un ensayo particular anterior a 1980.

-S.A.C. Anticlinal de Carrascosa del Campo. Aflora en un anticlinal situado en el extremo nororiental de la MASb Sierra de Altomira, posiblemente corresponde a un cabalgamiento de materiales mesozoicos perteneciente a la franja oriental. Se encuentra cubierto por materiales terciarios arcilloso-detriticos y yesíferos del tránsito cretácico-terciario. La recarga se produce a través de la infiltración de la lluvia y del contacto con los materiales yesíferos mencionados anteriormente. Se explota mediante dos sondeos de abastecimiento a Carrascosa del Campo, con una profundidad de 208 m, y caudales de explotación de 20 l/s. En la columna geológica se definieron varios horizontes acuíferos, de 10-20 m de espesor, correspondientes a calizas fisuradas, separados por horizontes de margas y calizas margosas. La cota piezométrica se situaba, en octubre de 2007 en 850 m s.n.m. (IGME-Diputación de Cuenca, 2007).

-S.A.C. Villares del Saz. Se han realizado sondeos de investigación en el flanco oriental, el de menor inclinación, y en el eje del pliegue, obteniéndose caudales de explotación estimados superiores a 20 l/s. La transmisividad es del orden de 1.100 m²/día. Las cotas piezométricas se encuentran entre 820-840 m s.n.m. A partir de los sondeos de investigación realizados en Cervera del Llano, se puede establecer que puede existir una conexión entre los materiales yesíferos del Maastrichtiense y las calizas cretácicas (Figura 28) (Martínez, 2002 d).

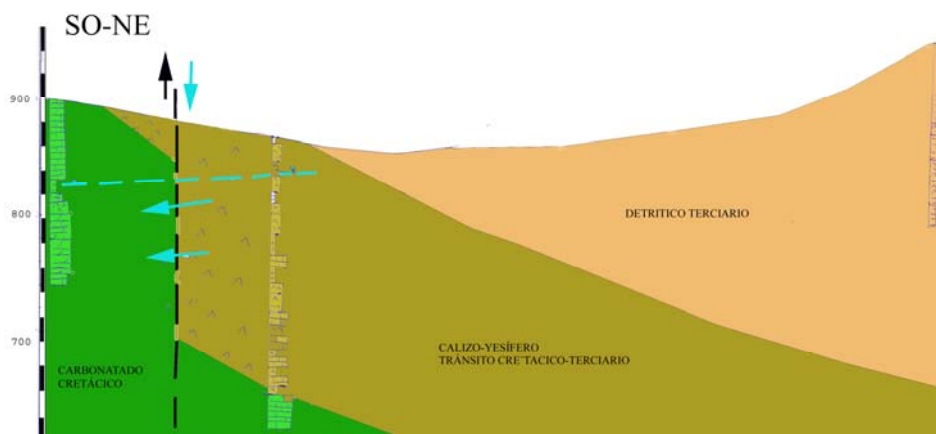
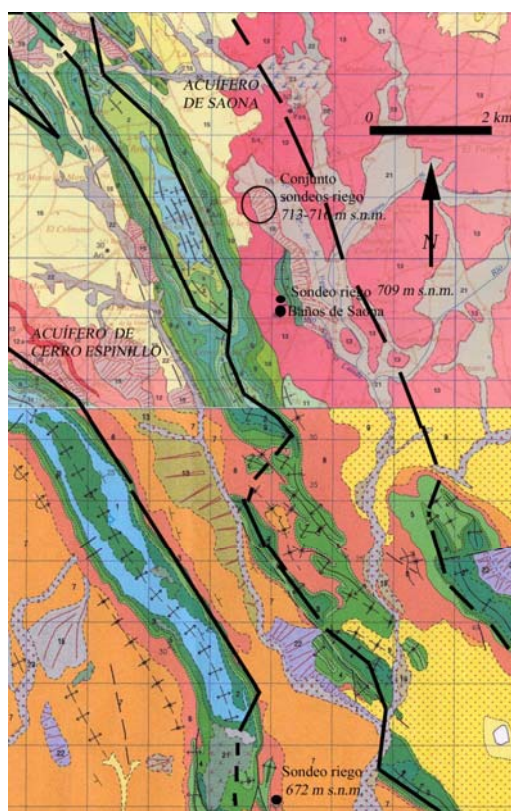


Figura 28. Corte geológico interpretativo de la estructura de la S.A.C. Villares del Saz y la relación de los tres sondeos perforados en Cervera del Llano.

-S.A.C. Montalbo. Correspondiente a la parte N del anticlinal de Záncara, parece estar separado del S.A.C. Villares del Saz por una falla de dirección E-O. Este acuífero se capta en la antigua captación de abastecimiento de Montalbo-Palomares del Campo, con una cota piezométrica de 860 m s.n.m., un caudal de explotación de 20 l/s y una transmisividad estimada de 3.700 m²/día. Sin embargo el espesor de zona saturada es escaso, de 30 m, captando aguas procedentes de las formaciones cenomanienses.

-S.A.C. Castillo de Garcimuñoz. Se ha definido al flanco oriental y de buzamiento más suave del anticlinal de La Almarcha. En esta área la karstificación de las calizas ha producido rellenos de arcillas de descalcificación que provocan turbidez en las aguas. No obstante la transmisividad es baja, inferior a 10 m²/día.

-S.A.C. Pliegues de Mota del Cuervo. Corresponden a las estribaciones meridionales de la MASb Sierra de Altomira. Es un conjunto de pliegues de orientación N-S en cuya parte N predominan los materiales jurásicos y al S afloran más materiales cretácicos, siempre ocupando los flancos de los pliegues y estando cubiertos por los materiales terciarios. Al igual que en el S.A.C. *Escamas y pliegues de Uclés*, se pueden individualizar pequeños acuíferos que funcionan de manera casi-independiente, entre los ejes anticlinales jurásicos. Así, en Santa María de los Llanos donde se definen a grandes rasgos, dos entidades acuíferas tomando como referencia el anticlinal sobre el que se sitúa Santa María de los Llanos como son el acuífero del Cerro Espinillo y el de Saona (Martínez, 2002c). (Figura 29). El primero, Cerro Espinillo, atraviesa 58-100 m de formaciones acuíferas con una cota piezométrica en torno a 672 m s.n.m. Los caudales de explotación y/o aforados de los sondeos de la zona son elevados (3 a 83 l/s) y la transmisividad es de 4000-9800 m²/día. El acuífero de Saona tiene su recarga al N, en los relieves de Los Hinojosos, teniendo un punto de descarga en los baños de Saona (150-200 l/s en septiembre de 1978, en la actualidad seco) aunque en el entorno existen numerosas captaciones para regadío, equipados con motores de 40-42 l/s y niveles muy someros (709-716 m s.n.m.). Estos dos acuíferos se encuentran separados por el eje anticlinal jurásico y los depósitos detríticos cretácicos, pero hacia el S pueden estar conectados.

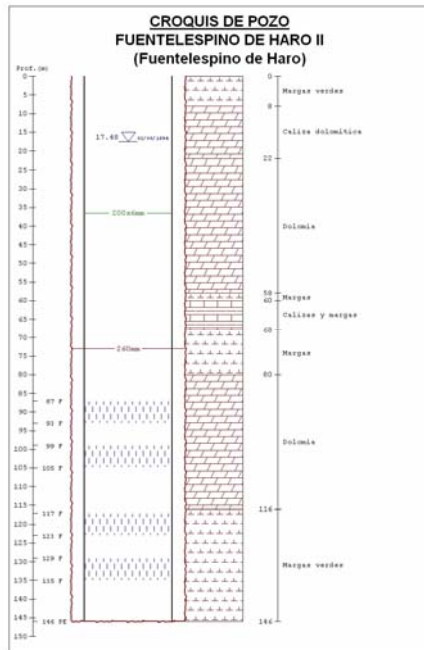


LEYENDA

- Tonos Azules- carbonatos jurásicos.
- Tonos verdes oscuros- Depósitos detríticos del Cretácico inferior.
- Tonos verdes claros- Carbonatos del Cretácico superior.
- Tonos naranjas, rosáceos y amarillos – depósitos detríticos terciarios.

Nota: al corresponder a la unión de dos mapas con distintas leyendas, se hace referencia a los colores de las unidades.
 Figura 29. Esquema hidrogeológico del área de Santa María de los Llanos (Martínez, 2002e).

-S.A.C. Fuentelespino de Haro.



Corresponde a una pequeña extensión constituida por dos anticlinales al N de Fuentelespino de Haro, en la franja central, limitado al N por la depresión de El Hito y al S por otras depresiones terciarias, mientras que a E y O contacta con otros pliegues que afectan al mesozoico y a los que puede estar conectado hidráulicamente. El sondeo de investigación perforado para Fuentelespino de Haro muestra 100 m de espesor de estos materiales, en dos grandes paquetes carbonatados de unos 50 m separados por un horizonte margoso de 20 m; es el horizonte inferior el que constituye el acuífero (Figura 30). La transmisividad es del orden de 200 m²/día.

Figura 30. Columna geológica de Fuentelespino de Haro.

-S.A.C. Carrascosa de Haro-Belmonte. Contempla los pliegues de la zona de la franja central que al N está limitado por los afloramientos del cretácico inferior, al S por el contacto con la Llanura Manchega, al E por la divisoria de aguas que ejerce el eje anticlinal de La Almarcha así como por su contacto con la depresión del Rus, y al O por su contacto con la depresión de Tresjuncos Puede estar conectado lateralmente con las formaciones acuíferas de la Masb. contigua, 041.005 Rus-Valdelobos. . Las transmisividades varían entre 240 a 1.000 m²/día.

-S.A.C. Anticlinales de Alconchel de la Estrella. Conjunto de anticlinales, situados al S de la Depresión de El Hito, sin datos sobre captaciones, pero que por el potencial interés que puede tener, en cuanto a los otros S.A.C. que le rodean, se define como área para una mayor investigación.

7.1.2.2. Evolución piezométrica

En general, el funcionamiento hidrodinámico y de flujo muestra una circulación hacia el S en conexión con los acuíferos de Mancha Oriental y Occidental, aunque en la zona septentrional, de manera local los acuíferos drenan hacia los cursos de agua superficiales, Riansares y Bedija. La recarga, aparte de provenir de la infiltración de la lluvia a través de las superficies aflorantes o del goteo de los materiales terciarios, puede provenir de la conexión al E con los materiales detríticos de la Depresión Intermedia y de la conexión con el acuífero cretácico de la Serranía de Cuenca, aguas abajo del Pantano de Alarcón con una cota piezométrica situada en torno a 735 m s.n.m. Asimismo parecen definirse dos subcuencas –río Saona y río Rus, que individualizan al acuífero.

Según el mapa tentativo realizado con datos piezométricos de los últimos quince años, al igual que el realizado para el Jurásico, se define una circulación al S de ambas MASb, definiéndose una conexión evidente con Mancha occidental II pero también con Rus-

Valdelobos y Mancha Oriental por la llanura Manchega. Asimismo se observa que la piezometría de la zona septentrional se encuentra más desconectada, parece circular hacia el S y O en las S.A.C. más orientales, mientras que al N parecen circular hacia el río Riansares y Ciguela.

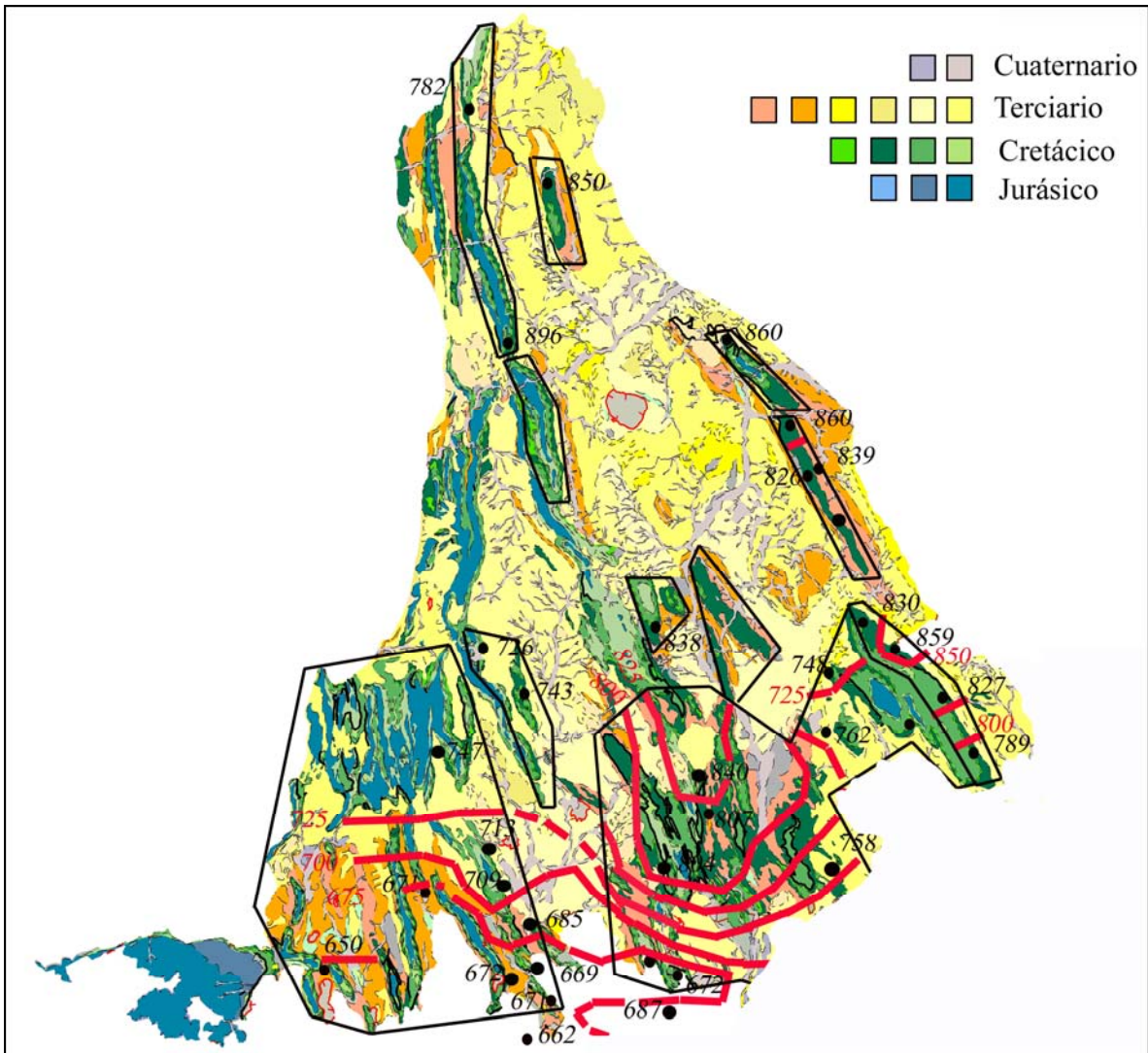


Figura 31. Aproximación al funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos cretácicos de las MASb estudiadas. En rojo, las isopiezas elaboradas con datos provenientes de los últimos 15 años.

En los aforos diferenciales realizados en diciembre de 2008 muestran una ganancia de caudal, tal vez proveniente de estos materiales o de terciarios, en el tramo entre las estaciones 10 y 11, entre los relieves de Fuentelespino de Haro y Alconchel de la Estrella, con una ganancia de 70 l/s.

El mapa piezométrico elaborado con los datos del año 2010 evidencia la desconexión de los SACs septentrionales con respecto a los meridionales y la circulación hacia el S, hacia las Masb. Vecinas existentes.

Con los piezómetros situados no en todos los S.A.C. (Tabla 22) que permiten entender la evolución de los niveles piezométricos, su funcionamiento hidrogeológico y las influencias más evidentes que reciben dichos acuíferos, para el periodo 1973-2008.

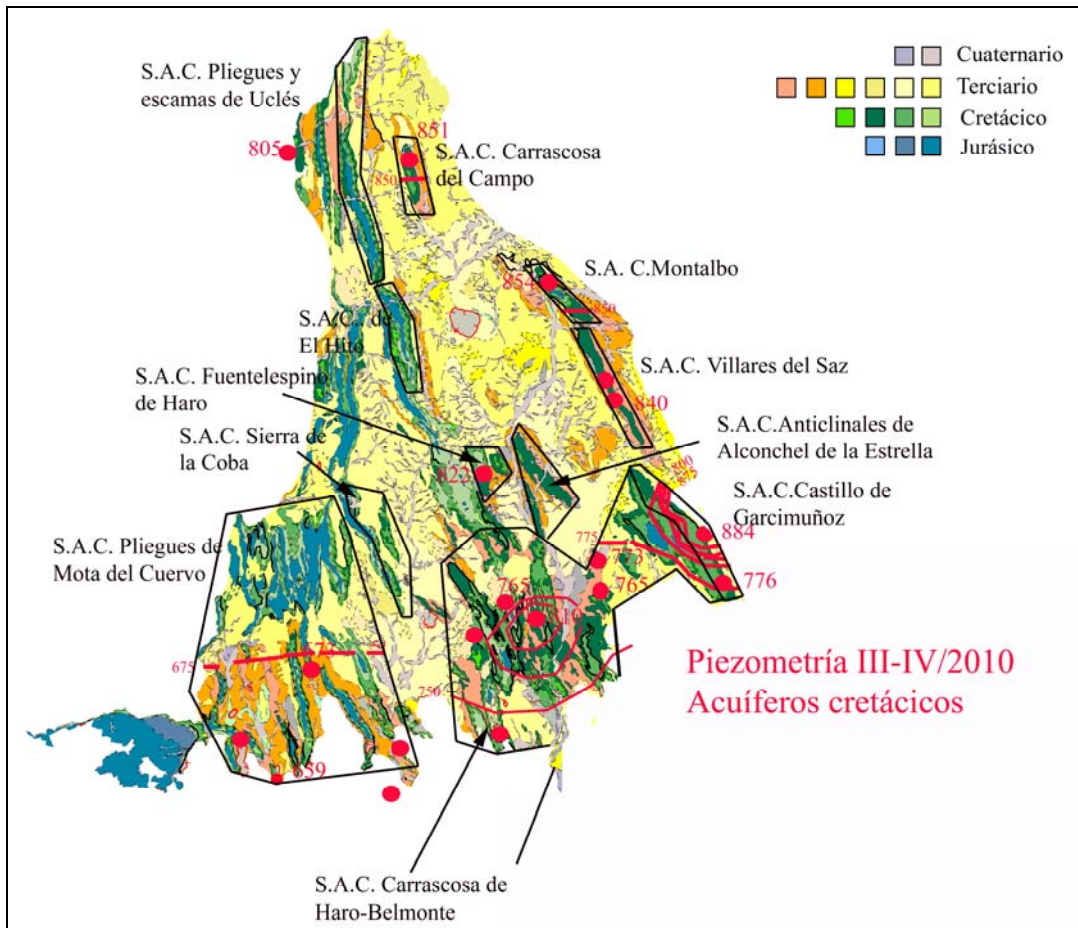


Figura 32. Aproximación al funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos cretácicos de las MASb estudiadas. 2010

Subsistema acuífero	Nº del piezómetro	Z	P
Montalbo	2225-8-0004	840	70.5
Villares del Saz	2226-4-0007	915	120
Castillo de Garcimuñoz	2327-2-0019	890	194
	2127-8-0002	740	136
	2128-3-0006	680	290
Fuentelespino de Haro	Cu-4	676	122
	2226-7-0019	860	110
	2227-7-0002	800	66
Carrascosa de Haro-Belmonte	2228-2-0018	685	150
	2228-3-0001	718	259
	04.01.007	824	206
	04.01.008	797	100
Anticlinales de Alconchel de la Estrella			

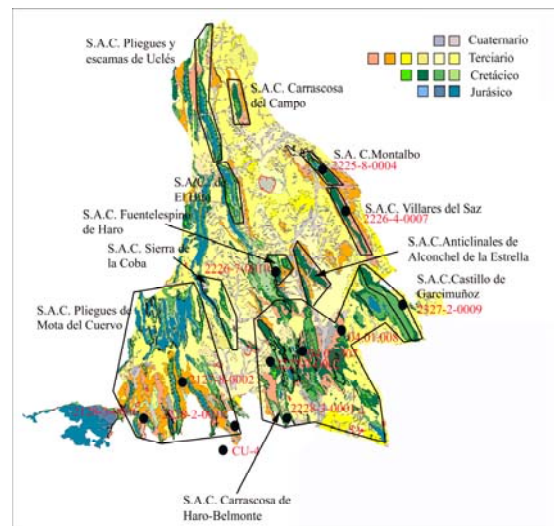


Tabla 22. Piezómetros más significativos de los acuíferos cretácicos procedentes de las redes del IGME y de la CHG. En rosa los SAC sin piezómetros representativos en evolución de la piezometría.

Se observa una tendencia decreciente de los niveles piezométricos, jalonado por pequeños ascensos asociados a estaciones húmedas. Así por ejemplo el 2228-3-0001 ha descendido 20,5 m desde julio de 1974 a septiembre de 2008, con lo que ello implica en cuanto a espesor saturado del acuífero. Y similares tendencias muestran los otros puntos de agua. Los puntos 2127-8-0002 y 2327-2-0019 muestran entre 1990 y 1996 oscilaciones y descensos de nivel piezométrico que pueden estar relacionados con bombeos y explotaciones en el entorno. Otra situación parecida le ocurre al 2128-3-0006, que muestra altibajos asociados tanto a las precipitaciones como a las posibles explotaciones del acuífero. En general los niveles piezométricos responden rápidamente a fuertes lluvias, con ascensos de 6-7 m.

La evolución del **S.A.C. Pliegues de Mota del Cuervo** muestra unos descensos entre 9 y 21 m para un periodo de marzo de 1974 a noviembre de 2002. El piezómetro 2227-8-0002 muestra datos anómalos en época de sequía (años 1990-1995) tal vez causados por bombeos próximos pero tras las lluvia de finales de 1996 asciende 16 m y no vuelve a descender. El piezómetro CU-4, se muestra más estable, aunque muestra los descensos anuales, entre verano y primavera, que ascienden a diferencias de PNP de 6-7 m, aunque con una tendencia hiperanual al descenso continuado.

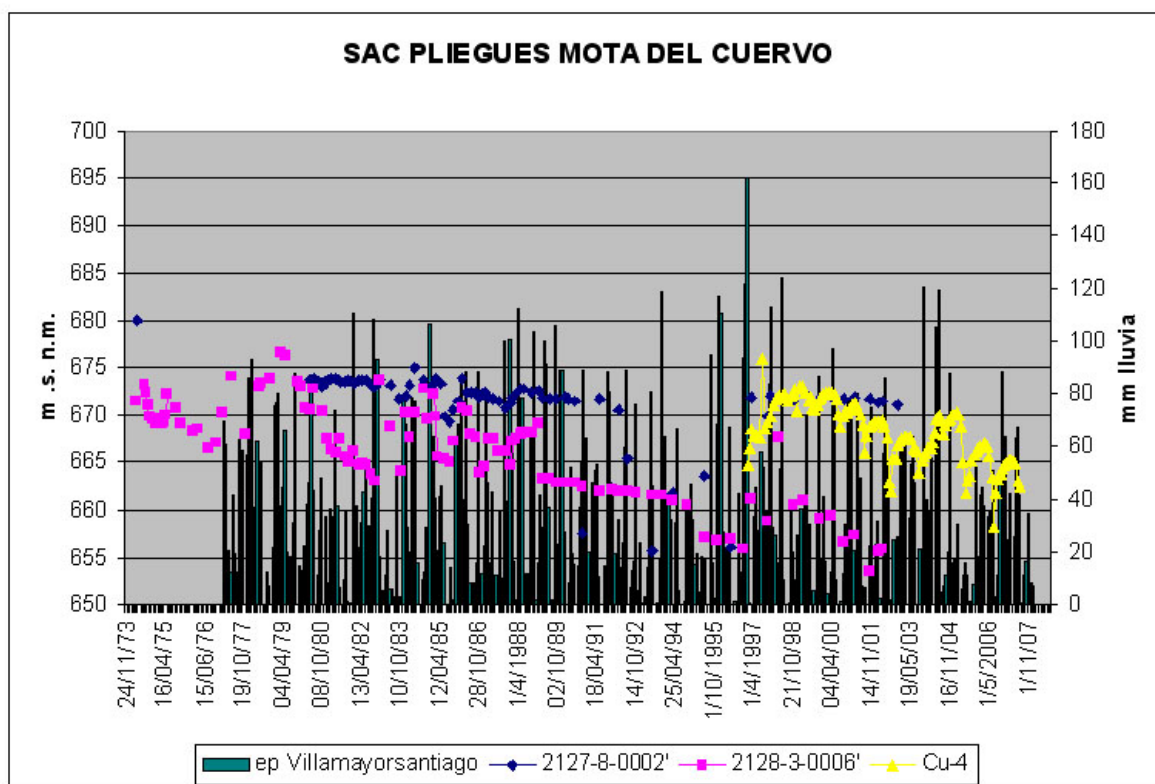


Figura 33. Evolución piezométrica S.A.C. Pliegues Mota del Cuervo.

El **S.A.C. Carrascosa de Haro-Belmonte**, presenta un comportamiento muy similar al SAC Corredor del Provencio en los piezómetros situados al S (2228-2-0018 y 2228-3-0001). Sin embargo estos se diferencian de los del N (227-7-0002, 0401007 y 0401008) en cuanto a comportamiento y a cota piezométrica, no mostrando grandes descensos, sino de 0-2 m e incluso un ascenso para el 0401007.

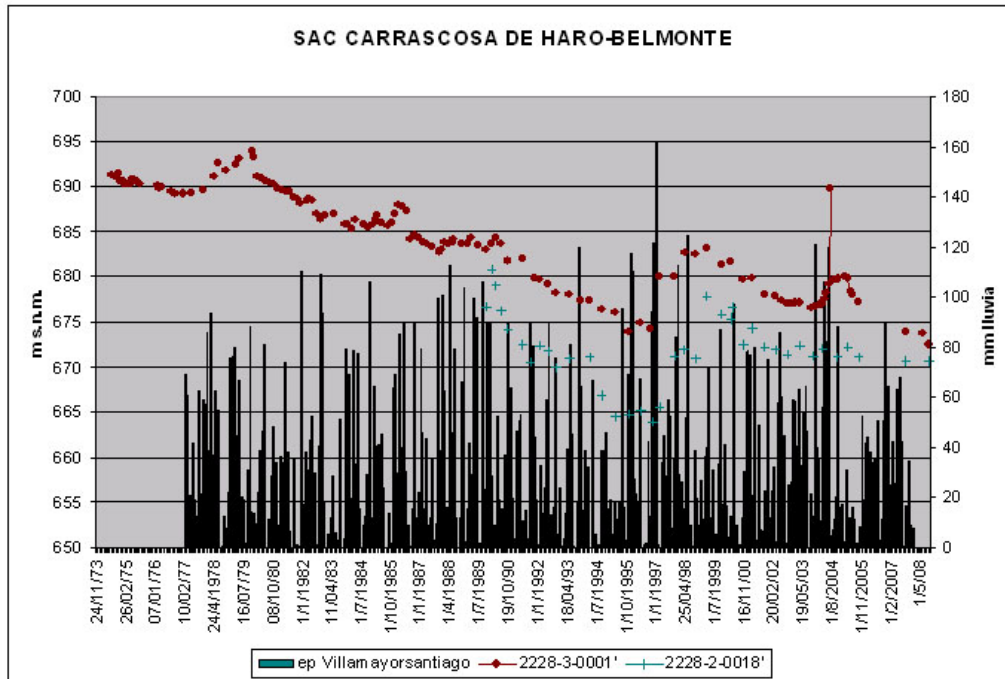


Figura 34. Evolución piezométrica S.A.C. Carrascosa de Haro-Belmonte.

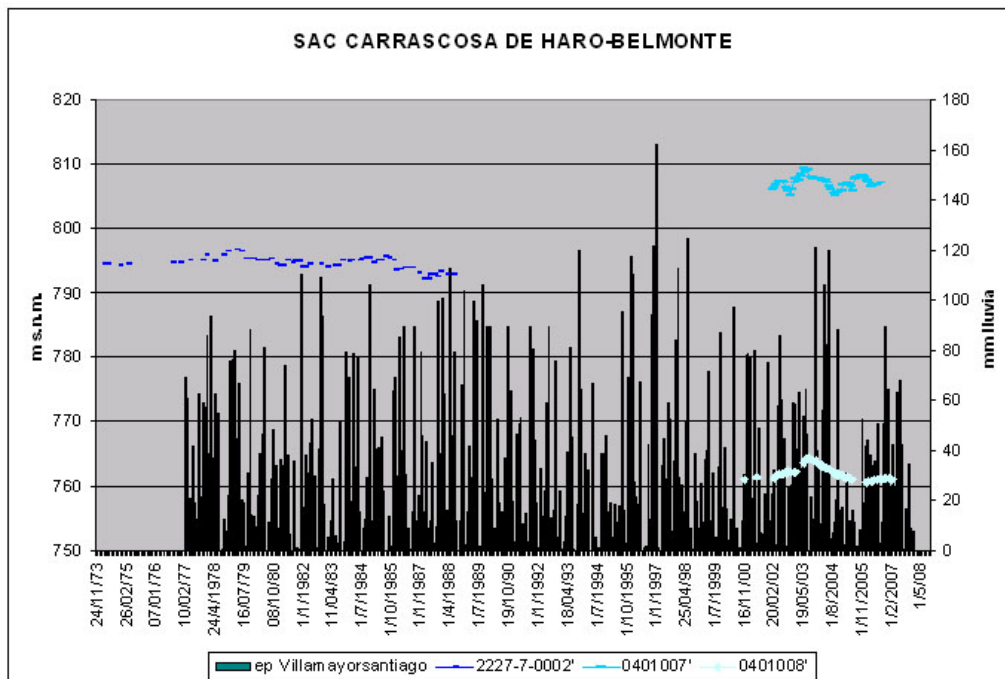


Figura 35. Evolución piezométrica S.A.C. Carrascosa de Haro-Belmonte (2).

En el S si se produce una tendencia al descenso, con recuperaciones durante los periodos lluviosos. Se observan, anualmente, descensos de 3 m entre estaciones húmedas y secas y el descenso entre el periodo agosto de 1974 a septiembre de 2008 fue de 19 m.

En la campaña de aforos diferenciales de diciembre de 2008, el tramo comprendido entre los puntos 10 y 11 muestran un incremento del caudal de unos 70 l/s en el río Záncara y que puede estar relacionado con el aporte de aguas procedentes de acuíferos cretácicos como terciarios.

El **S.A.C. de Villares del Saz**, entre marzo de 1979 a mayo de 1996 muestra un descenso acumulado de 4 m, aunque su evolución muestra una estabilidad y un ascenso en otoño-invierno del año hidrológico 1985/86.

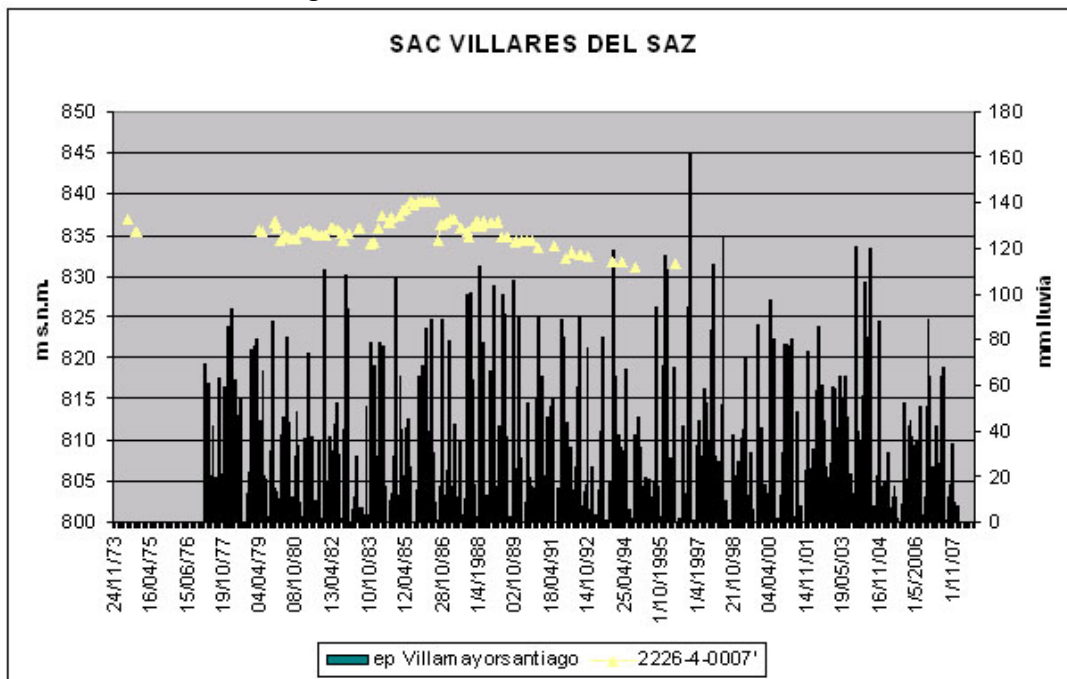


Figura 36. Evolución piezométrica S.A.C. Villares del Saz.

El **S.A.C. Montalbo** también desciende suavemente, 5 m, en el periodo de mayo de 1979 a febrero de 1992, con descensos de 0-2 m entre primavera y verano de cada año.

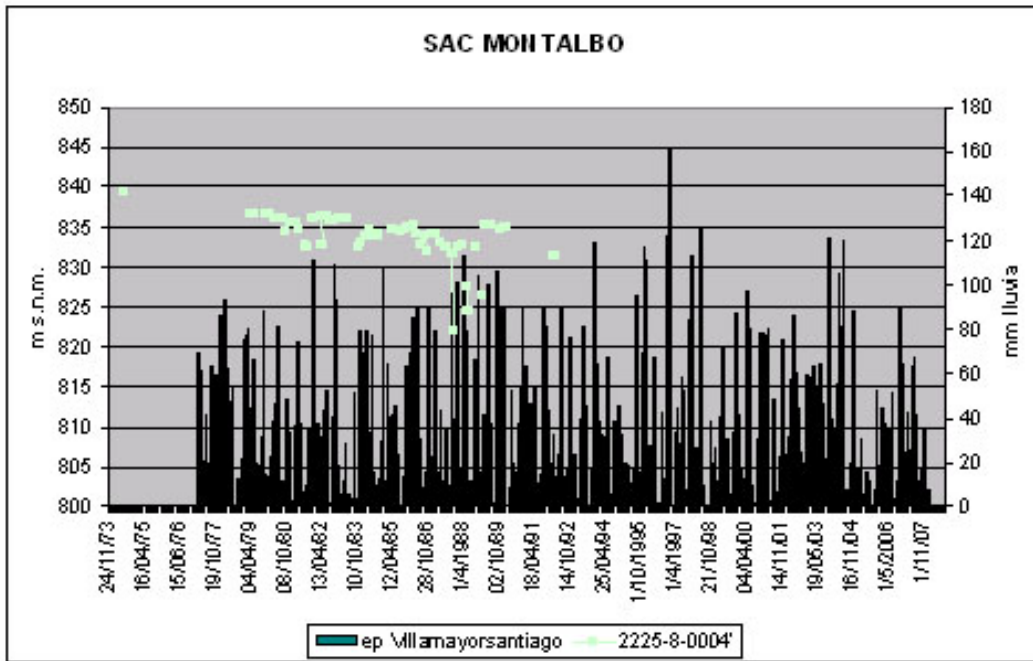


Figura 37. Evolución piezométrica S.A.C. Montalbo.

El **S.A.C. Fuentelespino de Haro** muestra una evolución anómala, entre noviembre de 1991 y febrero de 2002 desciende aproximadamente 2 m, sin embargo, las oscilaciones positivas y negativas alcanzan hasta los 16 m. Este funcionamiento puede estar causado por influencias antrópicas.

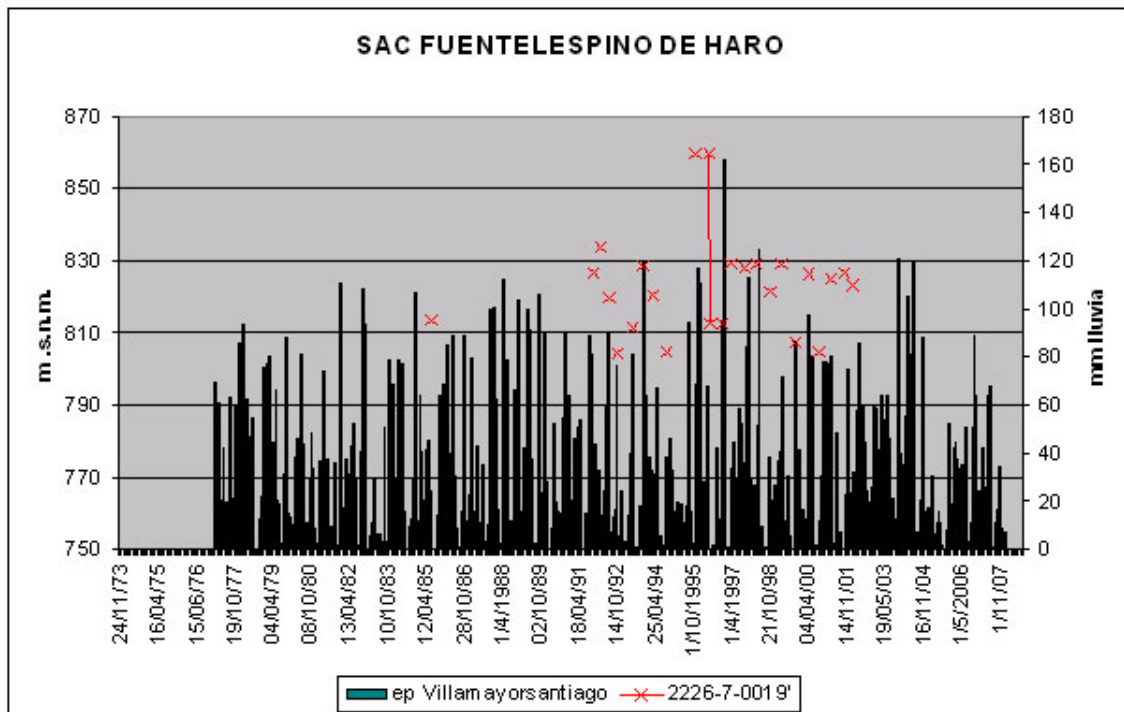


Figura 38. Evolución piezométrica S.A.C. Fuentelespino de Haro.

S.A.C. Castillo de Garcimuñoz. Se produce un incremento de 40 m antes y después de las lluvias de 1995; igual ocurre para las lluvias de 1996, con un ascenso de 25 m, sin embargo, entre ambas estaciones húmedas, el nivel piezométrico descendió 21 m. También se producen otros ascensos y descensos sin aparente relación con la precipitación. Por ello estas fuertes oscilaciones pueden deberse a la proximidad de captaciones en explotación.

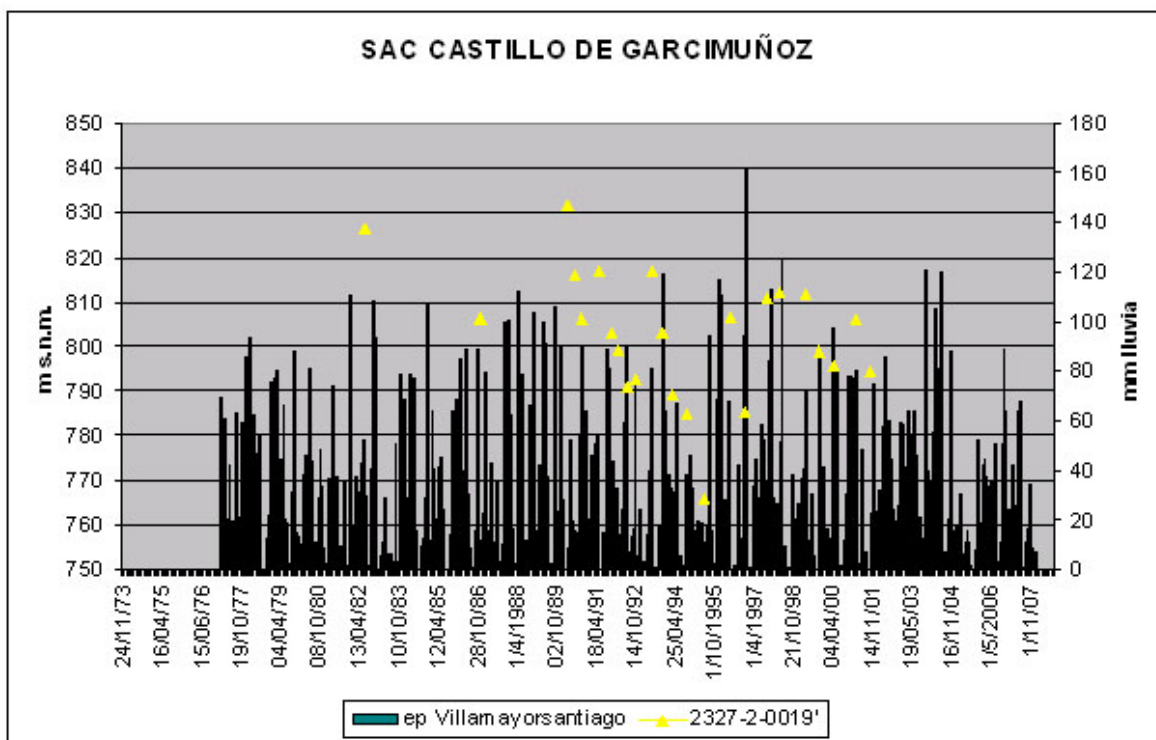


Figura 39. Evolución piezométrica S.A.C. Castillo de Garcimuñoz.

El conjunto muestra que los S.A.C. situados al N no muestran descensos durante el periodo estudiado, así el S.A.C. Villares del Saz y S.A.C. Montalbo son muy similares, lo que indica una conexión hidráulica. Los S.A.C. Fuentelespino de Haro y S.A.C. Castillo de Garcimuñoz muestran anomalías a causa posiblemente antrópica.

El S.A.C. de Carrascosa de Haro-Belmonte tiene una parte septentrional independiente de la meridional, que se comporta esta última como los piezómetros situados a N y este.

Los S.A.C. situados al S presentan otro comportamiento que los septentrionales. Así presentan una evidente tendencia al descenso y cotas piezométricas similares lo que pueden indicar su conexión hidráulica.

Los SAC meridionales (Mota del Cuervo, Haro-Belmonte) presentan cotas piezométricas similares, aunque en el segundo caso se observa como otros piezómetros presentan evidente desconexión de los acuíferos del SAC, al igual que con el resto de SAC septentrionales.

7.2.1.1. Conexión acuíferos carbonatados cretácicos y jurásicos

La posible conexión entre los acuíferos jurásicos y cretácicos se puede observar estudiando distintos sondeos hidrogeológicos. Así, el sondeo de La Montesina-1, en Villar de la Encina, captaba únicamente materiales cretácicos, con una profundidad de 92 m y una profundidad de nivel piezométrico (PNP) de 80,1 (8/1994). Se perforó junto al mismo un nuevo sondeo, de 215 m, que alcanzaba el Jurásico, poniéndose únicamente éste en explotación, con una PNP de 105 m (8/1994). La diferencia existente entre ambos es de unos 25 m y podría existir un goteo del Cretácico hacia el Jurásico, que se encuentra más bajo, siempre que atravesase los materiales detríticos del Cretácico inferior o por una conexión mecánica. Esta diferencia en la actualidad se mantiene, así en febrero de 2010 el acuífero cretácico presentaba una PNP de 76,9 m y el Jurásico de 105,24 m

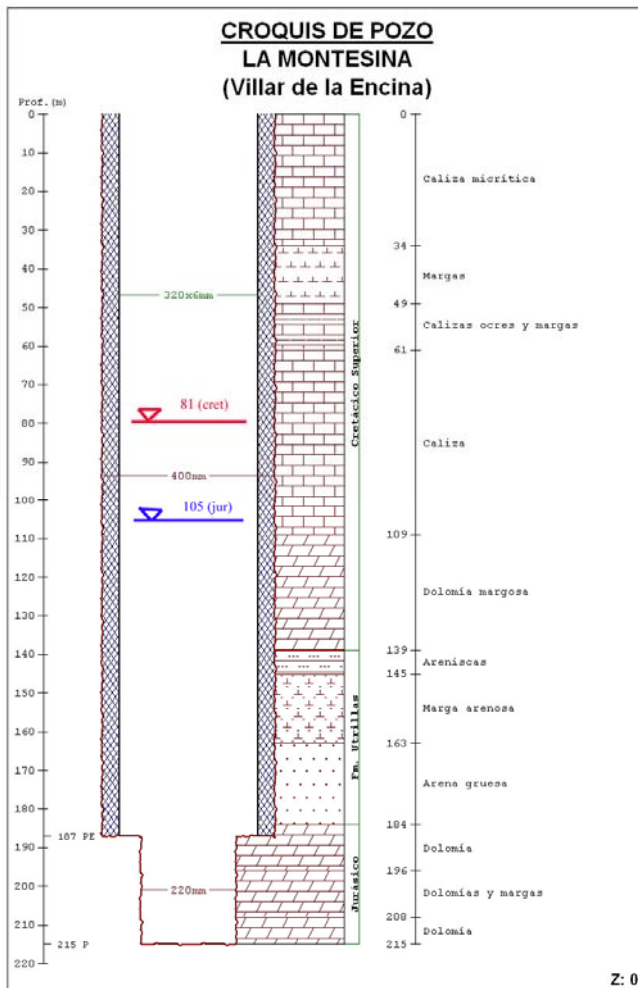


Figura 40. Sondeo de La Montesina II donde se reflejan los dos niveles piezométricos de los acuífero jurásico y cretácico y la diferencia de 24 m más bajo el Jurásico para el año 1994.

En Castillo de Garcimuñoz, al E, se dispone de un sondeo que capta materiales cretácicos y una PNP de 122 m (agosto de 1995) ó 768 m s.n.m.; y a un km de éste, se perforó un sondeo que captaba las aguas del Jurásico, con una PNP (enero de 1996) de 174 m ó 746 m

s.n.m., a una cota inferior unos 22 m. Al O, en Los Hinojosos, la diferencia entre los acuíferos muestra una profundidad de nivel del Jurásico de 44 m respecto al Cretácico.

Más al S, en el área de Las Mesas, el sondeo de abastecimiento capta los acuíferos jurásicos y cretácicos, con una PNP de 8,29 m (marzo de 2000), mientras que en el entorno los materiales cretácicos tienen una PNP similar, por ello parece que ambos niveles piezométricos son similares. También se observó que entre los depósitos margo-carbonatados cretácicos y los carbonatados jurásicos se encontraba un espesor de 38 m de arenas, arcillas y arcillas y calizas; durante el ensayo se arrastraron arenas indicando que todos los horizontes aportan agua y es factible que pueda existir un goteo del cretácico al jurásico.

Así, parece existir una clara diferencia de cotas piezométricas al N, que conforme se aproxima hacia el contacto con Mancha Occidental y la superficie es más extensa y menos plegada, puede existir una conexión hidráulica entre ambos acuíferos.

7.2.3. ACUÍFEROS TERCIARIOS

7.1.3.1. Características de los acuíferos

Los materiales terciarios, se encuentran cubriendo los materiales mesozoicos y rellenan las depresiones existentes entre los pliegues anticlinales o a las grandes depresiones situadas entre las tres franjas de materiales carbonatados mesozoicos, y por las que discurren los ríos Saona y Záncara.

A grosso modo se pueden diferenciar tres grandes conjuntos litológicos, que constituirán acuíferos de interés local muy condicionados por su litología; de base a techo se distinguen:

- Depósitos detríticos paleógenos, próximos a los relieves mesozoicos, constituidos por arcillas, areniscas y conglomerados con espesores de 100-140 m.

- Depósitos arcillosos, margosos y yesíferos, de edad paleógena-neógena, con numerosos cambios de facies, presencia de horizontes calizos y arenosos y de espesores entre 100 a más de 500 m en contacto con las depresiones del Tajo e Intermedia.

- Depósitos carbonatados neógenos, conocidos tradicionalmente como “calizas de los páramos” al N, o calizas pontienses en general. Si bien al N se encuentran aflorantes, con espesores de 50 m, hacia el S se encuentran cubiertas de depósitos detríticos pliocenos, con espesores variables, entre 15-50 m.

Las captaciones existentes, para todos los depósitos, son fuentes y surgencias asociadas a horizontes acuíferos de interés local, en zonas de relieves, pozos de escasa profundidad, que captan horizontes muy someros y en las depresiones y flancos de los pliegues se ha perforado sondeos de profundidades no superiores a 200 m, que suelen captar varios horizontes acuíferos. Los depósitos detríticos funcionan como un acuífero multicapa,

constituido por numerosos horizontes acuíferos (horizontes de areniscas y conglomerados de espesores métricos) y de carácter semiconfinado, mientras que los acuíferos carbonatados constituyen un acuífero libre o confinado, según se encuentre aflorante o cubierto por los materiales pliocenos.

Las fuentes (asociadas a depósitos detríticos suelen tener poco caudal, inferior a 1 l/s. Las perforaciones no suelen tener el nivel piezométrico a más de 30 m; en los pozos, generalmente someros se captan horizontes poco profundos con niveles próximos a la superficie; los sondeos tienen profundidades condicionadas por la facilidad de acceso a los horizontes acuíferos; así las mayores profundidades se han alcanzado en Montalbo, con una profundidad de 189 m .



Figura 41. Fuente Cahorzo (Hontanaya) y Fuente de La Hinojosa (La Hinojosa)(Fotos M.Martínez).

Los parámetros hidráulicos deducidos muestran unas transmisividades bajas, de 10-40 m²/día. Los caudales de explotación, generalmente inferiores a 10 l/s, aunque en algunas captaciones se alcanzan los 20 l/s.

Los depósitos calizos terciarios no tienen la misma presencia que los detríticos, y la misma es discontinua. En la MASb (041.001) Sierra de Altomira, el acuífero de mayor importancia lo constituyen las calizas terciarias asociadas al Anticlinal de Zafra de Záncara.

Al este, en contacto con la Depresión Intermedia, se encuentran retazos de calizas terciarias (Figura 42), captadas con pozos-fuente, como en la captación antigua de la Hinojosa o con el antiguo sondeo de abastecimiento de La Almarcha (de 110 m) que capta 40 m de calizas y margas alternantes.

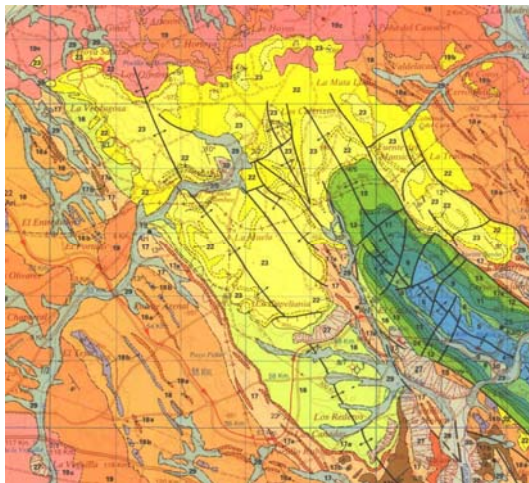
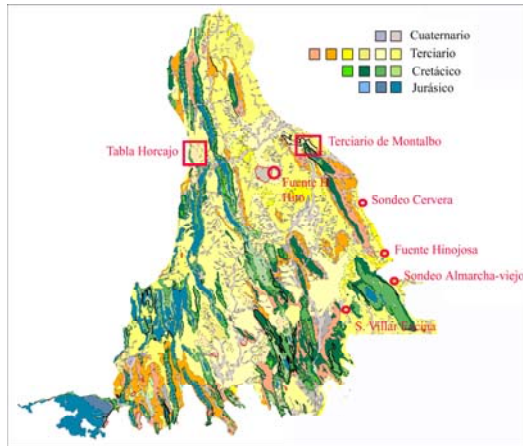


Figura 42. Distribución de las áreas con presencia de calizas terciarias, ubicación de los sondeos empleados, foto de una pequeña fuente en las calizas en el Hito, detalle del pequeño acuífero carbonatado terciario en Montalbo-Palomares del campo y la fuente que capta sus recursos (fotos M.Martínez).

En la formación acuífera “Terciario de Montalbo”, la cota piezométrica de la fuente se encuentra a 920 m s.n.m, con un caudal de explotación de 10 l/s. Las tablas calizas situadas al O en Horcajo de Santiago, drenan por unas fuentes con caudales que no alcanzan los 0,2 l/s. Al E, las captaciones y sondeos descritos presentan unos caudales de explotación que no superan los 2 l/s.

Respecto a parámetros hidráulicos, se dispone de un ensayo de bombeo en un sondeo de reconocimiento del SGOP en Cervera del Llano, donde se estimó una transmisividad de 130 m²/día.

7.1.3.2. Evolución piezométrica.

- **Depósitos detríticos** están condicionadas tanto por la profundidad a la que se sitúan los horizontes acuíferos, como por las propias cotas topográficas. Así, al N y cerca de los relieves, las cotas piezométricas se encuentran en torno a 880 m s.n.m. en Saelices, y de

667 m s.n.m. en el área de Las Mesas. Así las direcciones de flujo vienen condicionadas por los relieves sobre los que se desarrollan los depósitos terciarios y las cuencas hidrográficas que se desarrollan; existirá una evidente circulación hacia el S y SO, hacia el río Záncara, pero también una circulación hacia el E, al contacto con la Depresión Intermedia, hacia la Cuenca del Júcar y otra circulación hacia el O, al igual que el río Cigüela, el Bedija y los afluentes a la cuenca del Tajo.

- **Depósitos calizos terciarios** no tienen la misma presencia que los detríticos, y la misma es discontinua. El acuífero de mayor importancia lo constituyen las calizas terciarias asociadas al Anticlinal de Zafrá de Záncara. Al este, en contacto con la Depresión Intermedia, se encuentran retazos de calizas terciarias, captadas con pozos, como en la captación antigua de la Hinojosa o con el antiguo sondeo de abastecimiento de La Almarcha (de 110 m) que capta 40 m de calizas y margas alternantes.

7.2.4. ACUÍFEROS CUATERNARIOS

Están asociados a los depósitos de los principales ríos, aunque adquieren más importancia los asociados al Záncara. En el sondeo realizado en el Término Municipal de Villar de Cañas, en la Urbanización Casalonga se atravesó el cauce del río Záncara, observándose un espesor de hasta 38 m de gravas poligénicas, con horizontes arenosos y limosos. Los caudales de explotación presentan un rango de valores entre 2,5-10 l/s y las transmisividades son del orden de 5-100 m²/día. El nivel piezométrico de los sondeos se encontraba a 8,7 m de profundidad (811,3 m s.n.m.) y 6 m (814 m s.n.m.), respectivamente. La dirección de flujo puede estimarse que es hacia el centro del cauce y hacia el S.(Martínez, 20002c).

7.2.4.1. Hidroquímica

7.2.4.1.1. Generalidades

Se disponen de los análisis químicos realizados para los diferentes estudios de abastecimiento dentro del convenio IGME/Diputación de Cuenca. Como se aprecia en la Figura 43, que corresponde a la distribución de los diagramas de **Stiff**, individualizados para cada captación y sin diferenciación de las diferentes formaciones acuíferas, se visualiza rápidamente la variación de las diferentes familias de facies y la mineralización del agua en las diferentes formaciones acuíferas.

Tal como se aprecia en la figura, se pueden diferenciar dos familias fundamentales y otras menos abundantes. La gran mayoría de los diagramas stiff representados (amarillos) corresponden a facies sulfatada calcica, la mineralización es variada, llegando a ser en algunos de ellos alta. En la zona central se agrupa una familia de gráficos bicarbonatados cálcicos (celestes). De forma menos importante cabe indicar en la zona N y en el SE de la zona de estudio dos y tres gráficos respectivamente bicarbonatados magnésicos. La mayoría de las aguas corresponden a facies sulfatadas cálcicas, asociadas a la diferente presencia de yesos tanto en los materiales mesozoicos (carbonatos jurásicos y cretácicos) como en las

facies del tránsito cretácico-terciario y en los propios materiales detríticos terciarios e incluso cuaternarios.

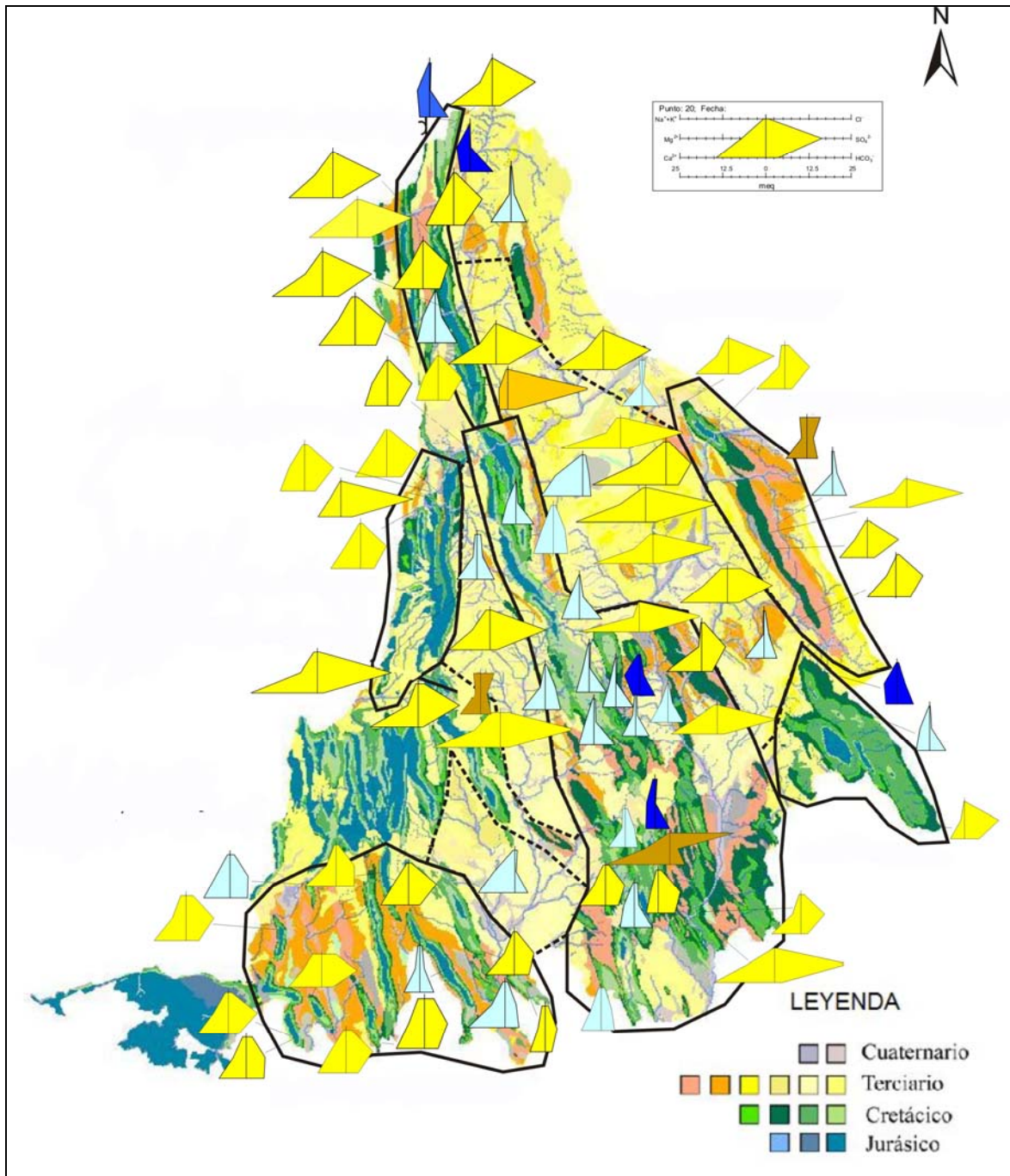


Figura 43. Distribucion espacial de diagramas de Stiff.

Para una mayor especificidad, se han identificado los análisis con las formaciones acuíferas para realizar una caracterización hidroquímica más detallada.

Los subsistemas acuíferos jurásicos muestran diferentes variedades de facies, debido, principalmente, a la influencia litológica y en menor medida antrópica (Tabla 23).

S.A.J.	Facies predominante
Saelices	Bicarbonatada Cálcida
Sierra de Almenara	Mixta
Almonacid-San Clemente	Sulfatada Cálcida
Cervera del Llano	Sulfatada Cálcida
Los Hinojosos	Bicarbonatada Cálcida
Hontanaya	Bicarbonatada Cálcida
Mota del Cuervo	Mixta
Pinarejo	Mixta Sulfatada cálcica
Campo de Criptana	Sulfatada cálcica

Tabla 23. Principales facies de los S.A.J.

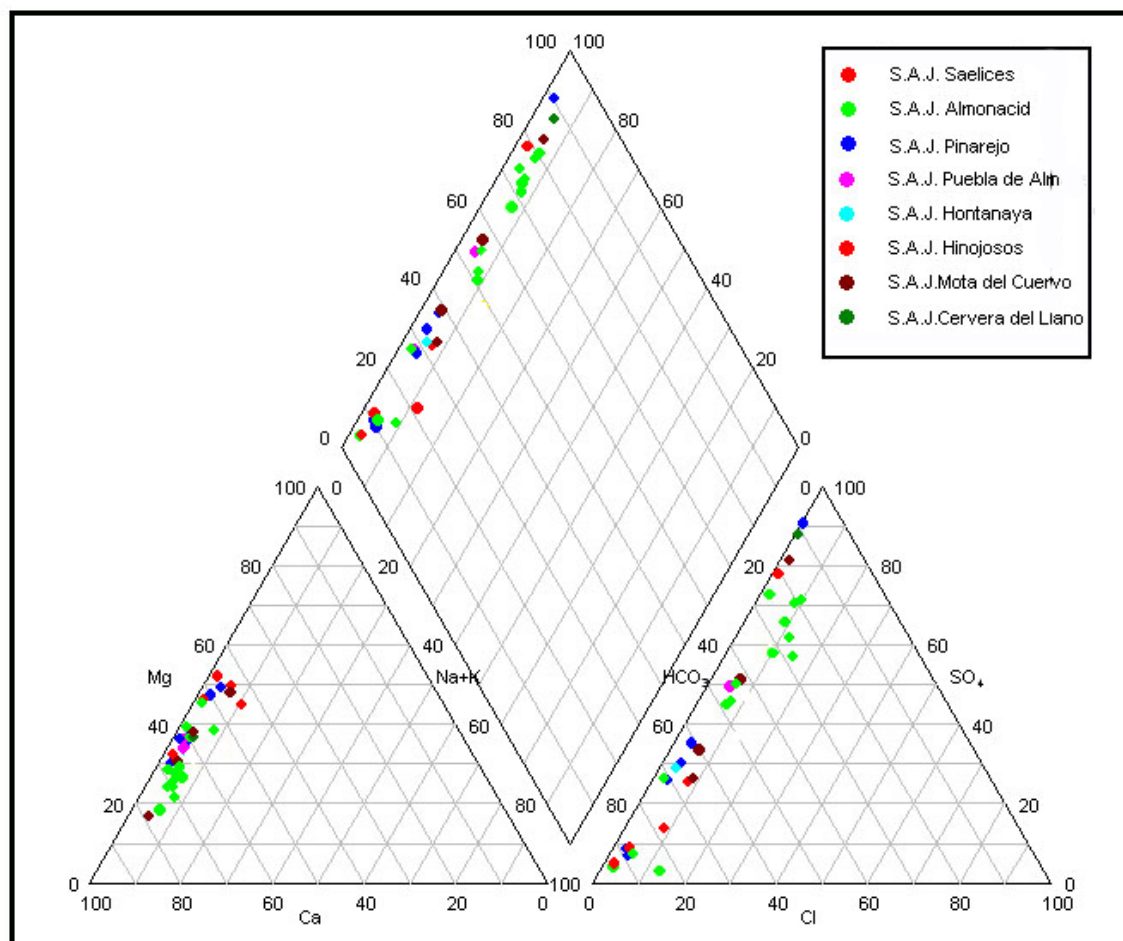


Figura 44. Diagrama de Piper-Hill-Langelier con las aguas de los acuíferos jurásicos.

Las aguas bicarbonatadas cálcicas y mixtas muestran un contenido medio de 31 mg/L en nitratos, con un máximo de 112 mg/L. Su mineralización media supera los 800 μ S/cm, para un contenido medio de sulfatos de 194 mg/L. Asimismo presentan un contenido de 25 mg/L Cl, mayor que para las aguas sulfatadas (14 mg/L). Las aguas sulfatadas cálcicas están muy

mineralizadas, con conductividad media de 2.226 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sin embargo, el contenido medio en nitratos es bajo, del orden de 16 mg/L (Tablas 24 y 25).

F. bicarbonatadas cálcicas y mixtas	C.E.	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	SO ₄	NO ₃	Cl
Núm. de valores utilizados	30	26	30	30	27	23	29	30	30	28
Mínimo	463	6,70	54	24	2	0	176	10	5	4
Máximo	1283	8,40	231	58	19	2	402	556	112	72
Media	817	7,56	127	38	11	1	282	194	31	25
CV (desviación típica/media)	0,356	0,050	0,484	0,227	0,549	0,828	0,215	0,884	0,803	0,801

Tabla 24. Características físico-químicas de las aguas jurásicas de facies bicarbonatada cálcica y mixta. (concentraciones en mg/L, conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$)

F. sulfatadas cálcicas	C.E.	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	SO ₄	NO ₃	Cl
Núm. de valores utilizados	5	3	5	5	3	4	4	5	5	5
Mínimo	1326	7,10	240	50	7	1	227	584	2	10
Máximo	3644	7,70	502	166	35	3	252	1716	33	22
Media	2226	7,47	382	87	22	2	240	1129	16	14
CV (desviación típica/media)	0,416	0,043	0,313	0,537	0,641	0,547	0,044	0,448	0,681	0,339

Tabla 25. Características físico-químicas de las aguas jurásicas de facies sulfatada cálcica. (concentraciones en mg/L, conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$)

El coeficiente de variación de las aguas bicarbonatadas cálcicas muestran variaciones superiores al 50 % para Na, K, SO₄, NO₃ y Cl, lo que evidencia unas influencias en el quimismo asociables, tanto a aportes litológicos, como los antrópicos. Para las aguas sulfatadas cálcicas, este coeficiente de variación se mantiene próximo al 50 % en los sulfatos, lo que evidencia la distinta presencia de yesos disueltos en las litologías.

Tal como se indica en la Figura 45, el contenido en sulfatos, se encuentra en la mayoría de los SAJ por encima de los 200 mg/L, por la fuerte influencia de las litologías yesíferas o sulfatos incorporados a las aguas; los contenidos en nitratos, por encima de 15 mg/L, se incrementan en SAJ que a su vez muestran un mayor contenido en sulfatos; por ello no es descartable un aporte adicional de sulfatos provenientes de la actividad antrópica.

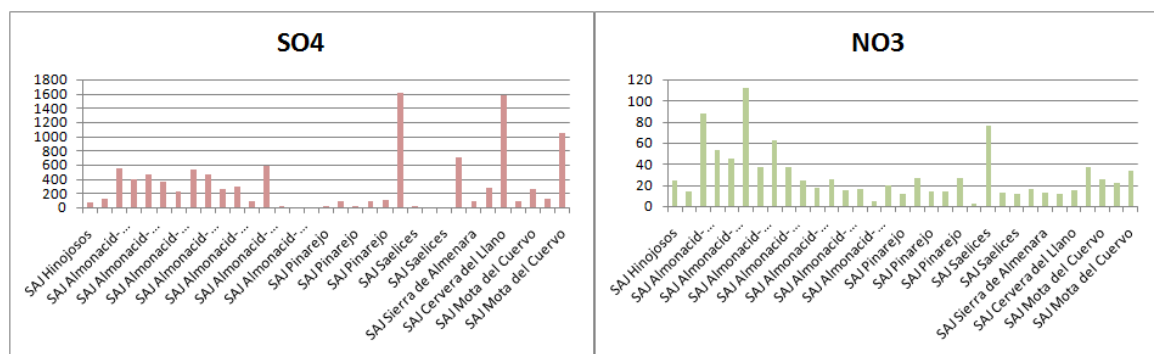


Figura 45 Contenidos en mg/L de sulfatos y nitratos en las captaciones de los SAJ.

Estas distintas facies hidroquímicas se pueden encontrar en la vertical en un mismo sistema acuífero. Así en el subacuífero de Cervera del Llano se han identificado, dentro de los acuíferos jurásicos, dos niveles acuíferos, uno con agua de facies bicarbonatada cálcica y otro inferior, de agua muy mineralizada, rica en sulfatos y de abundante caudal. Ello pone de manifiesto la existencia de acuíferos desconectados dentro del mismo conjunto de edad jurásica (Figura 46). Se observa el registro de conductividad realizado en el sondeo perforado. Así se mantiene una conductividad entre 600-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta una profundidad aproximada de 240 m, captando las aguas de los dos tramos ranurados. Sin embargo, a partir de esa profundidad se incrementa la conductividad hasta superar los 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando una evidente estratificación de manera natural, que al bombear se mezclará, y la existencia de dos horizontes acuíferos de diferente composición química, dentro de la misma formación acuífera (Martínez, 2006).

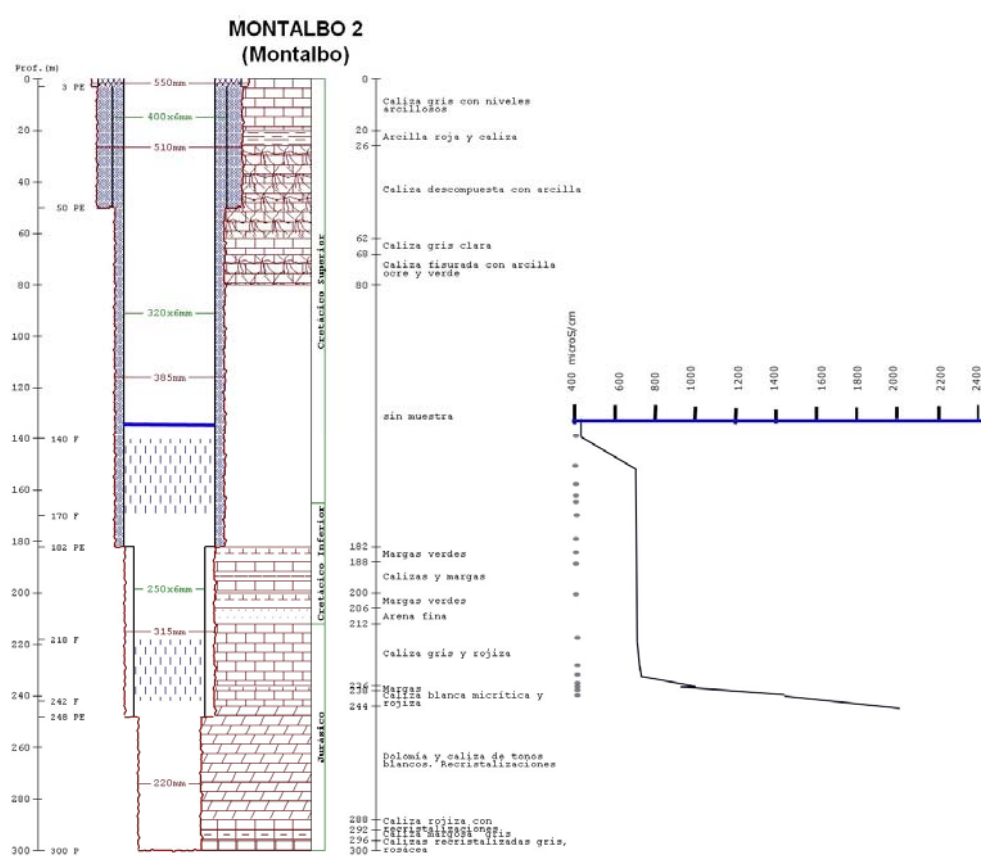


Figura 46. Perfil litológico y constructivo de MONTALBO-2, junto a la evolución de la conductividad en profundidad (Martínez, 2006).

Tratando estadísticamente cada SAJ (Tabla 26) se observa que el SAJ Almonacid-S.Clemente presenta elevado contenido medio en nitratos (47 mg/L) en las facies sulfatadas cálcicas y mixtas, pero no en las bicarbonatadas cálcicas (20 mg/L), ello se debe a que las captaciones de la primera facies mencionada se concentran en el S del SAJ con una mayor concentración de actividad agraria, evidenciando una importante vulnerabilidad del medio. Esta misma situación se repite en el caso del SAJ Saelices. Para el resto de SAJ el contenido medio en NO_3 se encuentra entre 12-28 mg/L.

SAJ Almonacid-S. Clemente Su-Ca y mixta	C.E.	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO3	SO4	NO3	Cl
Núm. de valores utilizados	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Mínimo	619	6,7	80	28	2	1	176	101	15	6
Máximo	1326	7,6	240	58	19	2	339	584	112	72
Media	1144	7,35	197	43	16	1,3	259	389	47	41
SAJ Almonacid-S. Clemente Bi-Ca										
Núm. de valores utilizados	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mínimo	513	7,7	69	28	2	0	282	10	5	6
Máximo	607	7,9	82	31	11	0	386	26	20	26
Media	574	7,8	77	29	6	0	340	17	14	15
SAJ Mota del Cuervo Bi-Ca y mixta										
Núm. de valores utilizados	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mínimo	616	7,1	68	38	6	1	268	90	22	18
Máximo	1046	7,7	160	42	10	1	283	272	37	25
Media	829	7,4	110	40	8	1	275	164	28	21
SAJ Almonacid-S. Clemente Su-Ca	2040	7,6	430	50	24	2	252	1056	33	22
SAJ Pinarejo										
Núm. de valores utilizados	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Mínimo	547	7	76	24	4	0	180	28	2	6
Máximo	3374	7,9	490	162	7	8	402	1610	26	11
Media	1050	7,4	153	56	5	2	291	328	16	8
SAJ Hontanaya	688	7,9	116	35	8	1	342	121	14	11
SAJ Hinojosos	586	8	60	38	8	1	243	77	24	17
SAJ Cervera del Llano	3644	7,1	470	166	35	3	238	1580	15	11
SAJ Saelices Bi-Ca y mixta										
Núm. de valores utilizados	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mínimo	496	7,6	54	31	14	1	198	15	11	4
Máximo	560	8,4	65	42	14	1	306	30	76	13
Media	537	8,0	60	35	14	1	237	21	33	7
SAJ Saelices Su-Ca	1550	7,7	270	75	7	1	227	710	16	10
SAJ Sierra de Almenara Bi-Ca	609	7,7	98	33	4	0	320	96	13	9
SAJ Sierra de Almenara Su-Ca	1032	7,7	140	43	8	1	309	276	12	21

Tabla 26. Contenidos mínimos, medios y máximos para cada SAJ.

El uso de las relaciones iónicas en estudios hidroquímicos constituye una herramienta más a la hora de intentar identificar distintas reacciones fisicoquímicas y procesos modificadores de la composición química del agua subterránea. En concreto, las relaciones iónicas permite determinar los diversos procesos que se han producido desde los puntos de recarga hasta el área de descarga, procesos de disolución-precipitación, intercambio iónico, etc.. Atendiendo a las relaciones iónicas, se han elaborado las siguientes figuras .

Las relaciones Cl/SO₄ y Cl/HCO₃ no muestran correlación, sin embargo la relación Cl/NO₃ muestra una correlación R=0,77 lo que evidenciaría la existencia de un origen principalmente antrópico del Cl y de los NO₃. La influencia de la litología, en especial de los yesos se evidencia con la relación SO₄/Ca, próxima al 0,99, al igual que el origen del Mg, también asociado a la litología yesífera. Esta influencia también determina la mineralización de las aguas, con una correlación conductividad/sulfatos próxima al R=0,99. Sin embargo, la relación HCO₃/Ca no existe, debido a la presencia de yesos que aportan adicionalmente el contenido de Ca a las aguas.

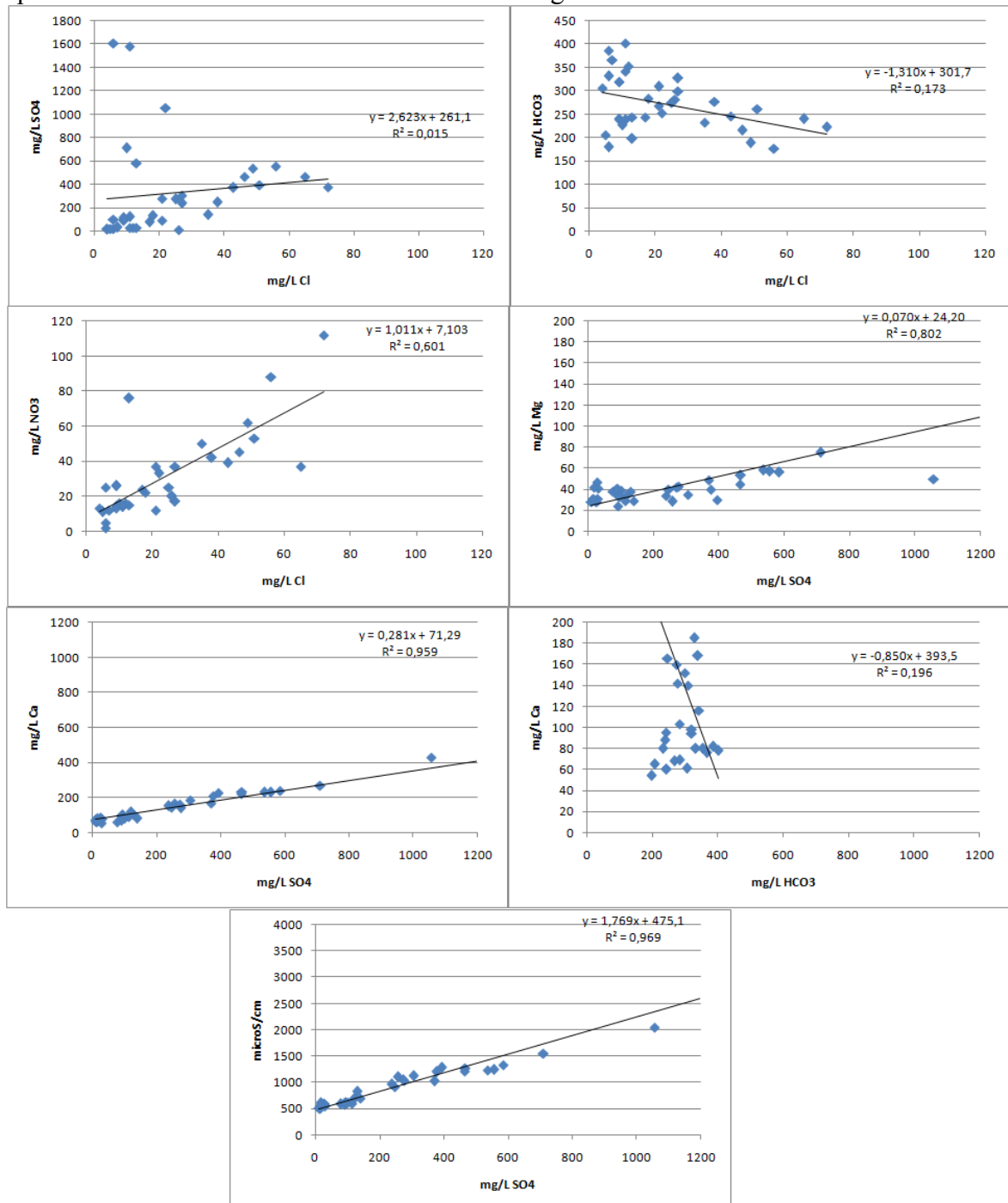


Figura 47. Relaciones iónicas de los SAJ.

Las formaciones acuíferas cretácicas presentan facies entre aguas bicarbonatadas cálcicas a sulfatadas cálcicas. En la Tabla 27 se muestran las diferentes zonas así como las facies definidas.

S.A.C.	Facies predominante
Pliegues y escamas de Uclés	Bicarbonatada Cálcica
Carrascosa de Haro	Mixta
Carrascosa del campo	Sulfatada Cálcica
Montalbo	Sulfatada Cálcica
Villares del Saz	Sulfatada Cálcica
Fuentelespino de Haro	Bicarbonatada Cálcica
Sierra Coba	Sulfatada Cálcica
Mota del Cuervo	Mixta
Castillo Garcimuñoz	Bicarbonatada cálcica

Tabla 27. Principales facies hidroquímicas de los S.A.C.

Las aguas bicarbonatadas cálcicas presentan baja conductividad, inferior a 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y bajos contenidos en nitratos, con un contenido medio de 16 mg/L. Las aguas sulfatadas cálcicas, predominantes en el centro y S del acuífero, presentan mayores mineralizaciones y un contenido medio en nitratos de 32 mg/L, son áreas de mayor implantación agraria. Se observa en el Diagrama de Piper-Hill-Langelier una evidente dispersión de los puntos representados, causado por las diferentes influencias, tanto litológicas como antrópicas Tabla 28.

Las facies sulfatadas cálcicas predominan al E de las MASb, asociadas a la presencia de los materiales calizo-yesíferos del tránsito Cretácico-Terciario a través de los cuales pueden recibir recarga. En el O de la zona se manifiestan en la Sierra de la Coba.

Sus coeficientes de variación muestran, para las sulfatadas cálcicas, una variación en sulfatos del 43 %, indicando la diferente presencia de contenido en yesos de las formaciones acuíferas, tanto en el Cretácico superior como en el tránsito al Terciario; existe para las sulfatadas cálcicas una variación en nitratos del 31 %, evidenciando una menor incidencia de las prácticas agrarias que en el caso de las facies mixtas o bicarbonatadas cálcicas, que alcanzan el 47 % y el 76 %.

F. sulfatadas cálcicas	Cl	SO4	HCO3	NO3	Na	Mg	Ca	K	pH	C.E.
Núm. de valores utilizados	13	13	13	13	13	13	13	11	8	13
Mínimo	7	320	70	12	7	5	120	1	7.10	784
Máximo	69	1420	255	48	69	85	580	2	7.70	3613
Media	35	718	193	32	22	59	288	1	7.51	1617
CV (desviación típica/media)	0,499	0,427	0,274	0,311	0,711	0,335	0,453	0,342	0,029	0,489

F. mixtas	Cl	SO4	HCO3	NO3	Na	Mg	Ca	K	pH	C.E.
Núm. de valores utilizados	8	8	8	8	8	8	8	7	6	8
Mínimo	12	109	170	7	7	12	91	0	7.00	616
Máximo	71	280	300	48	19	37	175	5	7.80	956
Media	28	170	241	29	12	26	122	1	7.43	740
CV (desviación típica/media)	0,663	0,321	0,150	0,466	0,345	0,300	0,219	1,312	0,043	0,166

F. bicarbonatadas cálcicas	Cl	SO4	HCO3	NO3	Na	Mg	Ca	K	pH	C.E.
Núm. de valores utilizados	8	8	8	8	8	8	8	7	6	8
Mínimo	9	17	119	0	3	9	33	1	7.38	379
Máximo	22	78	392	30	26	34	105	5	8.00	700
Media	13	38	249	16	15	20	64	2	7.58	535
CV (desviación típica/media)	0,402	0,588	0,358	0,757	0,677	0,450	0,441	0,911	0,033	0,231

Tabla 28. Características medias de las aguas sulfatadas cálcicas, mixtas y bicarbonatadas cálcicas de los acuíferos cretácicos de Sierra de Altomira (concentraciones en mg/L, conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$).

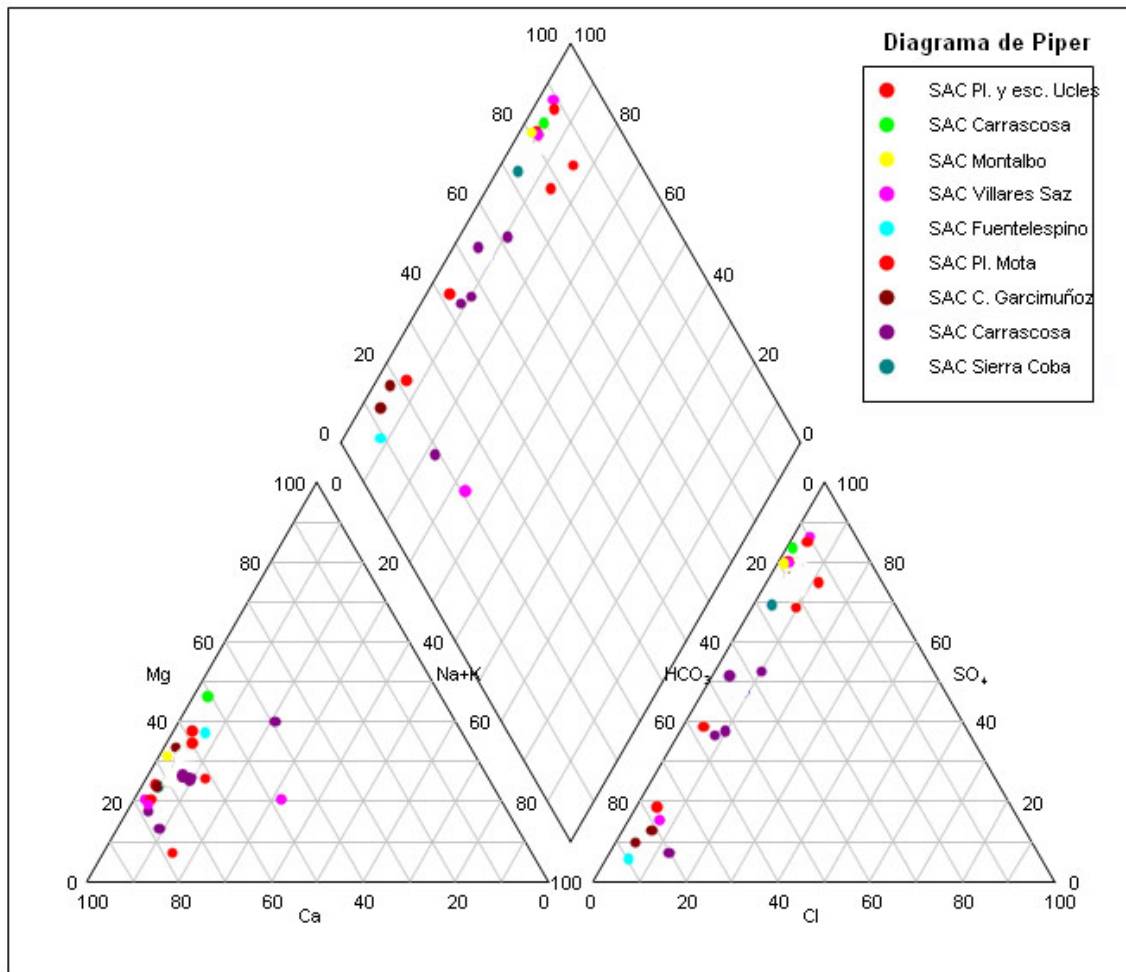


Figura 48. Diagrama de Piper-Hill-Langelier con las aguas de los acuíferos cretácicos.

Si se considera el quimismo para cada SAC (Tabla 29), se observa que los SAC presentan una mayor diferenciación entre acuíferos con facies más sulfatada y otras con facies más bicarbonatada que los SAJ (Figura 47). La presencia de nitratos es similar en contenidos medios a las SAJ, entre 10-35 mg/L, aunque sus concentraciones máximas son más bajas.

SAC Mota del Cuervo	C.E.	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO3	SO4	NO3	Cl
Núm. de valores utilizados	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Mínimo	616	7,10	46	5	3	0	217	18	0	14
Máximo	3613	7,8	580	85	69	2	452	1420	36	69
Media	1325	7,5	206	44	27	1	279	427	24	35
SAC. Carrascosa de Haro										
Núm. de valores utilizados	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mínimo	617	7,10	92	12	11	0	170	129	13	16
Máximo	956	7,70	175	35	19	4,9	300	280	41	30
Media	780	7,44	124	23	14	1,7	242	177	28	25
SAC. Carrascosa Campo										
Núm. de valores utilizados	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mínimo	1272	7,25	252	66	8	1	223	648	10	9
Máximo	1275	7,34	260	71	8	2	264	680	10	12
Media	1273	7,29	256	68	8	1,5	243	664	10	10
SAC. Pliegues y escamas de Uclés										
Núm. de valores utilizados	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mínimo	663	7,70	102	34	7	1	229	78	7	12
Máximo	1478	7,70	330	137	12	1	392	872	30	18
Media	935	7,70	179	77	9,	1	290	362	19	15
SAC. Villares										
Núm. de valores utilizados	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2
Mínimo	2344	7,7	364	49	17	0	171	818	15	21
Máximo	2714	7,7	507	73	17	0	217	1270	31	42
Media	2529	7,7	435	61	17	0	194	1044	23	31
SAC. Fuentelespino										
SAC Sierra Cobra	486	8	72	27			17	16		
SAC Sierra Cobra	1192	7,5	245	44	13	1	248	528	35	24
SAC. Castillo de Garcimuñoz										
Núm. de valores utilizados	5	5	5	5	3	2	3	5	5	4
Mínimo	379	7,38	17	9	3	1	177	5	0	8
Máximo	607	7,90	200	27	26	5	302	80	22	35
Media	493	7,66	86	19	11	3	253	31	10	15
SAC Montalbo										
SAC Montalbo	1208		270	71			211	740	16	12

Tabla 29. Contenidos mínimos, medios y máximos para cada SAC

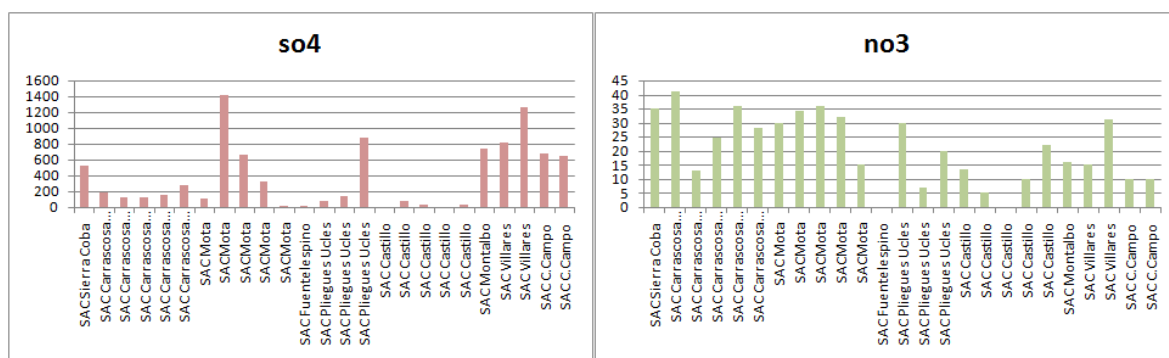


Figura 49 Contenido en mg/L de sulfatos y nitratos.

Las relaciones Cl/SO₄ y Cl/HCO₃ no muestran correlación, al igual que la relación Cl/NO₃, diferenciándose de los SAJ. La influencia de la litología, en especial de los yesos se evidencia con la relación SO₄/Ca, próxima al 0,99, pero no ocurre igual con el Mg. Esta influencia yesífera también determina la mineralización de las aguas, con una correlación conductividad/sulfatos próxima al R=0,99. Sin embargo, la relación HCO₃/Ca no existe, debido a la presencia de yesos que aportan adicionalmente el contenido de Ca a las aguas.

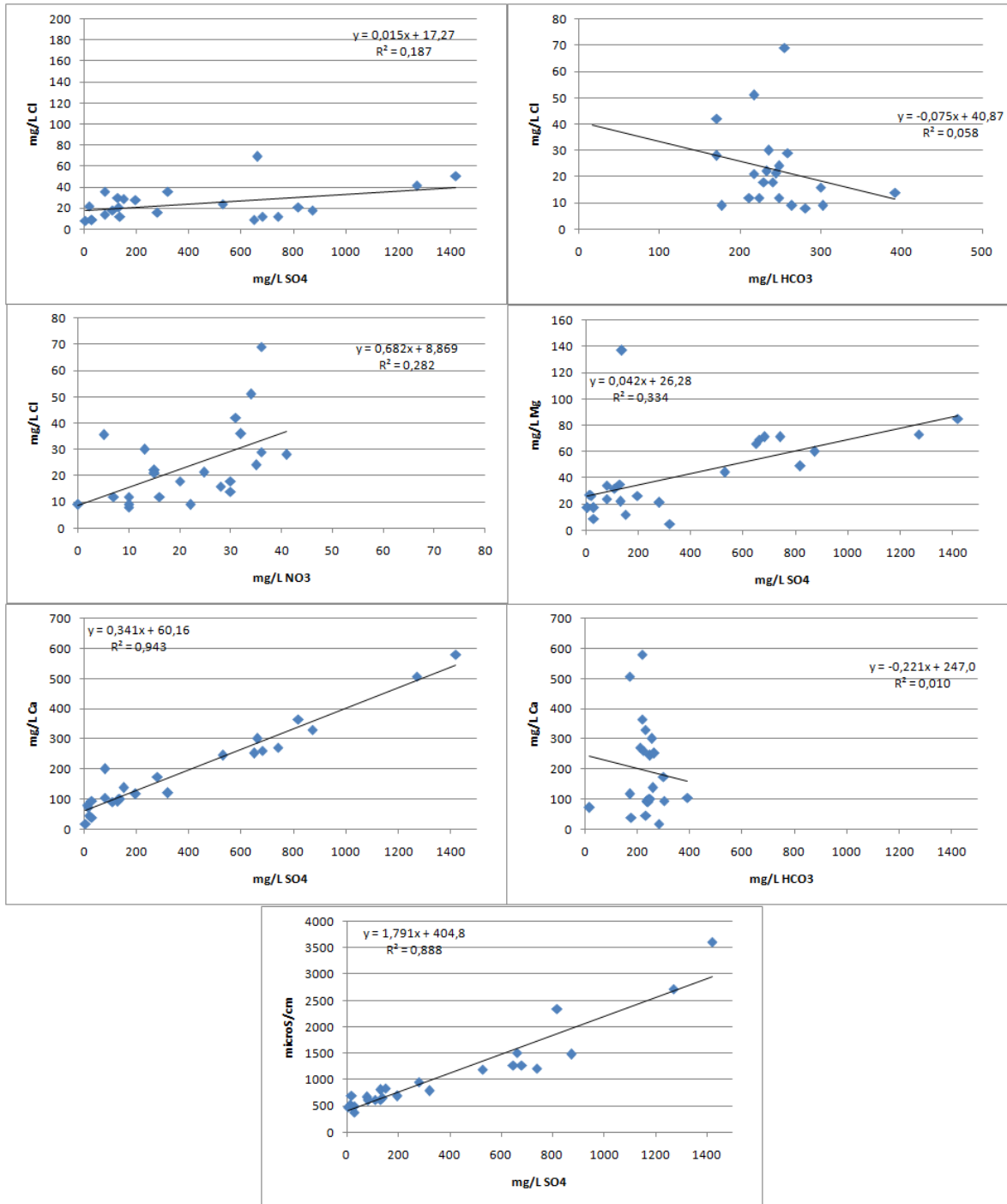


Figura 50 Relaciones iónicas de los SAC.

Las aguas de las formaciones terciarias pueden estar asociadas a depósitos detríticos o carbonatados.

- Aguas asociadas a los depósitos detríticos. Presentan una amplia variación de facies y mezclas, asociadas a las distintas litologías que constituyen formaciones acuíferas. En general se disponen de pocos análisis de estas formaciones por lo que se van a describir en conjunto. Así las aguas captadas en el E del área de estudio presenta una facies sulfatada cálcica, asociada a la naturaleza yesífera de los depósitos. Los situados al N presentan facies más mixtas. La conductividad media es de 1.941 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un contenido medio de sulfatos de 832 mg/L, aunque su coeficiente de variación supera el 67 % lo que indica una gran variación en el contenido respecto a los análisis empleados.

Los contenidos en nitratos se encuentran entre 18-196 mg/L, con una concentración media de 57 mg/L, mostrando la evidente vulnerabilidad frente a la contaminación antrópica e incrementándose conforme se adentra más al S, en las zonas de cultivos. Tabla 30.

Asimismo los contenidos en cloruros también son elevados, con una concentración media de 50 mg/L, mostrando una influencia de la actividad agraria.

Acuíferos detríticos terciarios	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	Na	Mg	Ca	K	pH	C.E.
Núm. de valores utilizados	18	18	18	18	18	18	18	7	14	18
Mínimo	11	19	102	18	4	12	99	0	7.10	608
Máximo	174	1890	330	196	50	172	627	8	7.80	3693
Media	50	832	239	57	21	78	330	3	7.37	1941
Asimetría	1,888	0,095	-0,936	2,024	0,960	0,444	-0,014	0,742	0,891	0,116
CV (desviación típica/media)	0,862	0,668	0,201	0,900	0,658	0,661	0,505	1,149	0,024	0,538

Tabla 30. Valores estadísticos descriptivos de las aguas de los acuíferos detríticos terciarios en Sierra de Altomira. (concentraciones en mg/L, conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$)

- Aguas asociadas a los carbonatos terciarios. En el caso del acuífero de Montalbo, presentan una baja mineralización, con 462 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aunque un notable contenido en nitratos (42 mg/L) que indica una evidente influencia antrópica. El resto de análisis empleados corresponden a captaciones distribuidas por las MASb y que corresponden tanto a las “calizas de Minaya” en la Llanura Manchega, como a los horizontes calizos anteriores, que se captan tanto en las proximidades de la laguna del Hito como en Villar de la Encina. Las aguas se encuentran mineralizadas, con predominio de los sulfatos y con un coeficiente de variación muy elevado, tanto en Cl, NO₃, Mg, Ca, SO₄, (Tabla 31) mostrando que son aguas muy diferentes, con distintas influencias litológicas y antrópicas. Los contenidos en nitratos alcanzan los 185 mg/L, con una concentración media de 81 mg/L, siendo el contenido en Cl también elevado, con un contenido mínimo de 22 mg/L que manifiesta la influencia de las prácticas agrarias en el quimismo de las aguas. Así, estos acuíferos son los más próximos a la superficie y los más vulnerables.

Acuíferos detríticos terciarios.	Cl	SO4	HCO3	NO3	Na	Mg	Ca	K	pH	C.E.
Núm. de valores utilizados	9	9	9	9	9	9	9	5	8	9
Mínimo	22	22	96	9	9	11	64	0	7,20	462
Máximo	152	1420	293	185	47	127	621	1	8,90	3284
Media	52	576	210	81	24	50	261	0	7,78	1599
CV (desviación típica/media)	0,781	0,946	0,312	0,772	0,460	0,738	0,800	1,389	0,078	0,687

Tabla 31. Valores estadísticos descriptivos de las aguas de los acuíferos carbonatados. (concentraciones en mg/L, conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$)

Las características químicas de las aguas asociadas a los depósitos cuaternarios está íntimamente relacionada con la litología circundante; así en la zona del aluvial del Záncara las aguas son sulfatadas cálcicas, con elevada mineralización (2.500-3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y contenido en nitratos entre 36-45 mg/L.

APTITUD PARA CONSUMO

A partir del fichero de analíticas previamente recopilados, se ha procedido al análisis con un criterio de aptitud para el abastecimiento a la población.

Los criterios considerados son las limitaciones máxima en la concentración establecidos en el RD 140/2003 de 7 febrero por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano (BOE nº 45 de 21-2-03).

Se muestran los mapas de distribución de la concentración de sulfatos y nitratos para las captaciones utilizados para abastecimiento de población, por considerarse especialmente significativo los puntos que han superado los límites establecidos, así como los puntos que superan los valores de la reglamentación anterior en tres parámetros. Se ha seguido el criterio de representar un término municipal (T.M). con el color asignado al valor de la concentración correspondiente a la analítica de la captación que lo abastece, lo que no significa que todo el término municipal supere dicho valor.

- **Nitratos.** Tal como se aprecia en la Figura 51, la gran mayoría de los T.M. incluidos total o parcialmente en el área de estudio presentan una concentración menor de 50 mg/l. Los T.M. que han presentado valores entre 76-100 mg/l son: Pinarejo y Villarejo de Fuentes. Concentraciones mayores de >100 mg/l no han aparecido.

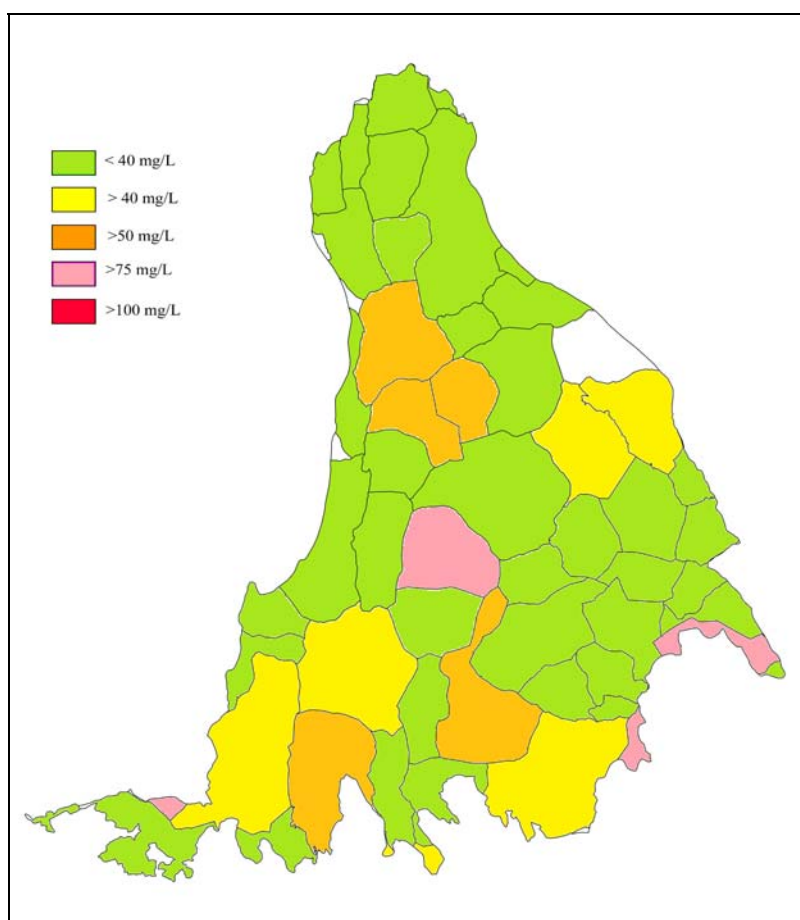


Figura 51. Concentración (mg/l) de nitratos.

- **Sulfatos.** La situación para este parámetro es más desfavorable que el correspondiente a los nitratos. Puede indicarse como el NE y SO supera la concentración de >500 mg/l. La calidad natural de las aguas subterráneas para abastecimiento es aceptable si bien algunas captaciones presentan valores que superan los límites máximo indicados en el RD 140/03 para el consumo humano como son el nitrato, sulfato y magnesio. Las facies hidroquímicas son mayoritariamente de composición bicarbonatada cálcica.

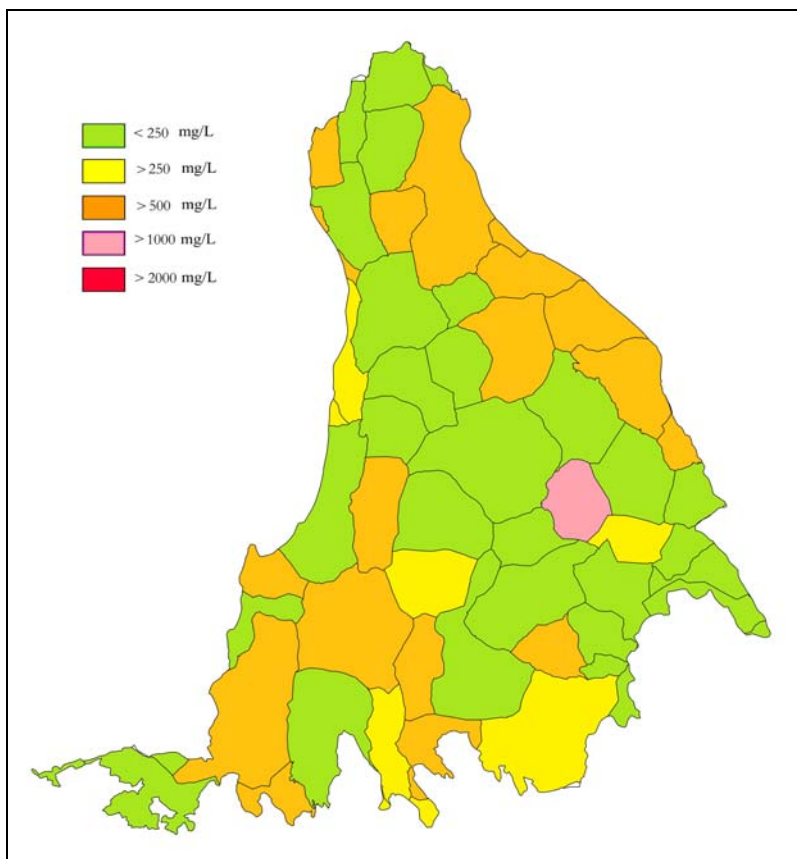


Figura 52. Concentración (mg/l) de sulfatos.

7.3. LAGUNAS Y HUMEDALES

En el área de estudio históricamente se conocen unos dieciocho enclaves definidos como humedales. Su origen se asocia a condiciones endorreicas y ligados a ambientes de baja permeabilidad; unos de ellos se encuentran alimentados por escorrentía superficial y otras por aguas subterráneas.

Tradicionalmente existen numerosas definiciones del término humedal, en función de las condiciones hidrodinámicas que los caracterizan, condiciones hidrogeológicas, climáticas, etc.

En la Convención de Ramsar, relativa a los Humedales de Importancia Internacional (1971), se definieron los humedales como: “áreas de marismas, turberas o de aguas naturales o artificiales, permanentes o temporarias, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no excede los seis metros”.

Estos humedales están asociados, en general, a materiales terciarios, aunque pueden existir influencias de aguas subterráneas por aportes de las formaciones carbonatadas del entorno, como puede ocurrir en la laguna de Capellanes o Navas. Así, su origen se asocia a condiciones endorreicas y ligados a ambientes de baja permeabilidad; unos de ellos se encuentran alimentados por escorrentía superficial y otras por aguas subterráneas. Así, al N de la MASb se encuentra la laguna de El Hito, cuenca endorreica con un componente principal de agua superficial, aunque no se descarta un posible aporte de aguas subterráneas (Fotografía 2). Alguno de los humedales gozan de reconocimiento de Ecosistemas Singulares a nivel Europeo como es la Laguna de Hito.



Fotografía 2. Laguna de El Hito (Foto M.Martínez).

Al S y O de la MASb se encuentran un conjunto de espacios húmedos de gran importancia hidrogeológica y faunística, más de 20 lagunas, principalmente entre Cuenca y Ciudad Real, aunque muy afectados por la acción climática y antrópica (Figura 54, Figura 55 y Figura 56.). En general se trata de lagunas salinas o hipersalinas, con conductividades superiores a 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Están asociadas a formaciones detríticas y yesíferas terciarias. Sin embargo, su estacionalidad y pervivencia es muy evidente, ya que estudiando las fotografías del SIGPAC se observa que de las 22 identificadas, tan solo 8 son húmedas en el momento de las fotos (un 36%). Asimismo algunas de ellas son inidentificables en foto aérea, víctimas de la presión agrícola, ya que la mayoría de las secas parecen haber perdido superficie en beneficio de actuaciones de laboreo agrícola en la cubeta como sucede en la Laguna de los Prados, la Laguna de Cornicán, los Capellanes, etc.

Se han estudiado las más próximas a la provincia de Cuenca, que se recogen en la Figura 53.

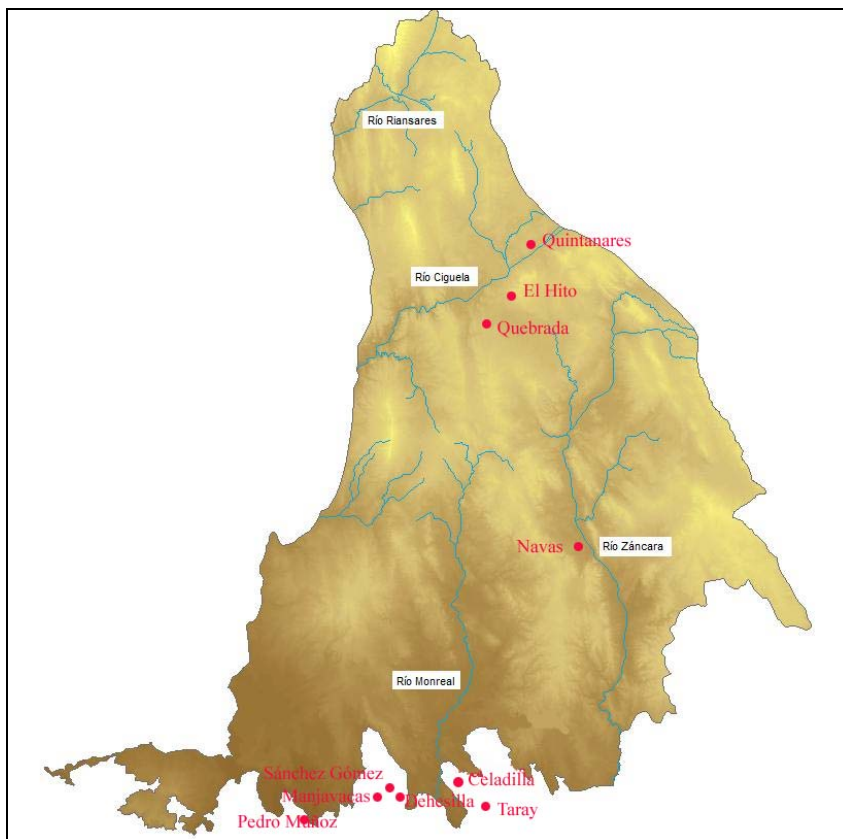


Figura 53. Lagunas y humedales estudiados.

Nombre de la laguna	Término Municipal	Estado (Mz-2010)	Superficie m ² (SIGPAC, 2009)
Laguna de las Horadadas Hoya de Caraceno	Belmonte	¿? ¿?	1.700
Laguna de los Capellanes o Navas	Casas de Haro	Húmeda	39.000
Laguna del huevero	Las Pedroñeras	Seca	533.600
Laguna Grande		Seca	590.000
Laguna de Navablanca		Seca	68.400
Laguna de taray		Húmeda	74.400
Laguna del pozo de público		inexistente	
Celadilla	El Pedernoso	Húmeda	84.500
Navazueta		Seca	124.000
Navajo Blanco		Seca	2.800
Laguna de Hoya Honda Laguna de Navazueta	Las Mesas		
Laguna de El Hito	El Hito/Montalbo	Agua	3.528.300
Laguna Sánchez Gómez	Mota del Cuervo	Húmeda	520.000
Laguna de la dehesilla		Húmeda	160.000
Laguna de Manjavacas		Húmeda	1800.000
Laguna de Melgarejo			250.000
Laguna de Navalengua			1710.000
Laguna de Quintanares	Palomares del Campo	Húmeda	36.200
Laguna de la Saladilla		¿?	1.100
Laguna del Alcahozo I	Pedro Muñoz		510.000
Laguna del Alcahozo II		Húmeda	710.000
Laguna de Navalafuente			400.000
Laguna del retamar			530.000
Laguna del Pueblo		Hipersalina (endorreica)	380.000
Laguna de la Quebrada	Puebla de Almenara	agua	3.412
Laguna Blancares O Laguna Blancares N	Osa de la vega		5.000
Laguna de Navalmedel Laguna de la Nava Laguna N	El Toboso		568.800 10.000

Tabla 32. Humedales visitados.

Los acuíferos **carbonatados cretácicos** presentan, principalmente al S de la zona de estudio, algunas lagunas y lavajos atribuibles a una relación con las aguas subterráneas. (en algún caso el agua subterránea puede ser de origen kárstico, como sucede en la laguna del Charco del Soldado)

Asociados a materiales terciarios se encuentran la mayor parte de los enclaves existentes en el área de estudio. Su origen se asocia a condiciones endorreicas y ligados a ambientes de baja permeabilidad; unos de ellos se encuentran alimentados por escorrentía superficial y otras por aguas subterráneas.

Así, al N se encuentra la laguna de El Hito, cuenca endorreica con un componente principal de agua superficial, aunque no se descarta un posible aporte de aguas subterráneas. (Foto 2)

Al S y O se encuentran un conjunto de espacios húmedos de gran importancia hidrogeológica y faunística. En general se trata de lagunas salinas o hipersalinas, con conductividades superiores a $3.000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Están asociadas a formaciones detríticas y yesíferas terciarias. Algunas de las lagunas han sufrido una fuerte presión agrícola, ya que la mayoría de las secas parecen haber perdido superficie en beneficio de actuaciones de laboreo agrícola en la cubeta como sucede en la Laguna de Cornicán, los Capellanes, etc.

Alguna de estas lagunas, aunque se sitúan sobre materiales terciarios, no está clara su génesis si puede asociarse o tener relación con los aportes de los materiales cretácicos. Un ejemplo de ello es la Charca del Soldado.

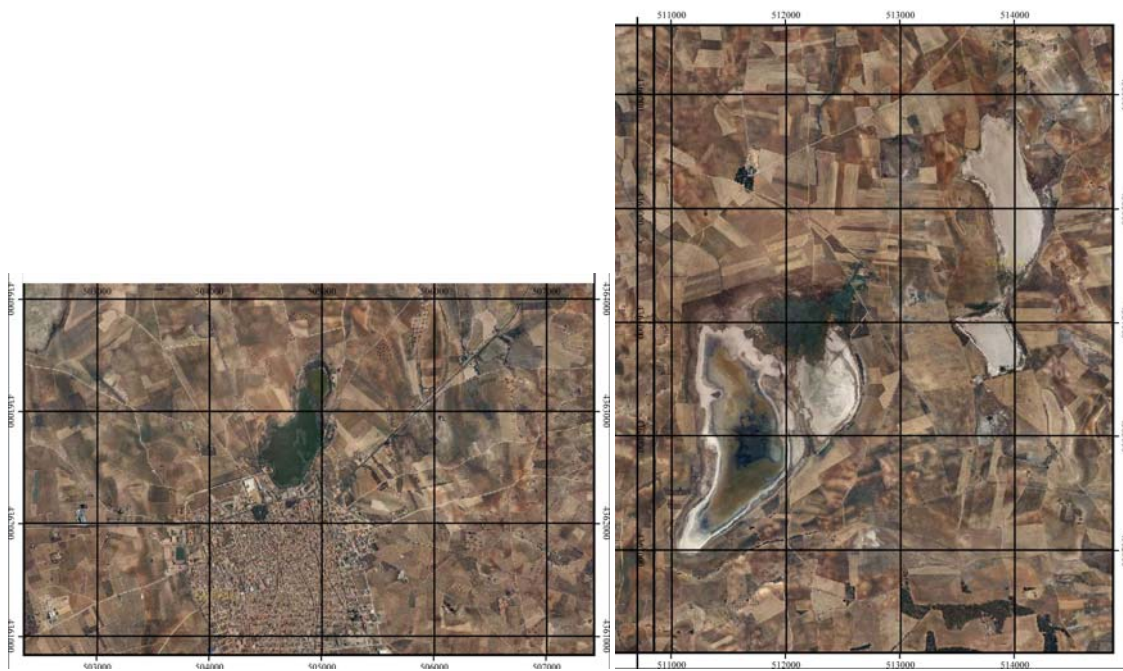
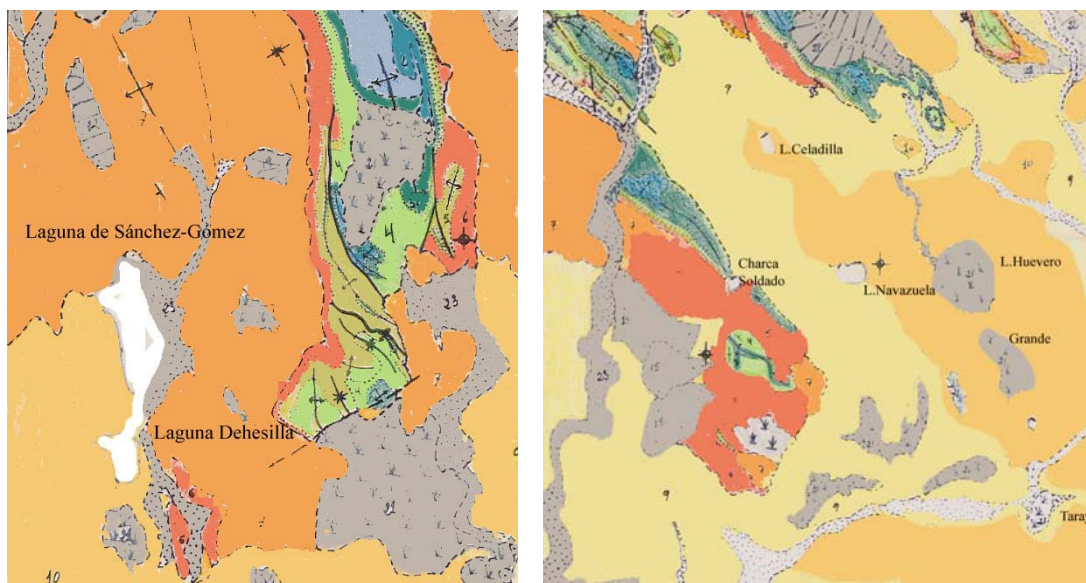


Figura 54. Fotos aéreas de la laguna del Pueblo y las de Manjavacas, Sánchez Gómez y Dehesilla, en Mota del Cuervo. Obsérvese como se encuentran rodeadas de campo y la influencia que puede tener en la calidad de las aguas.



Leyenda:

- 1-2 Calizas y dolomías jurásicas.
- 3-4 Calizas y arenas cretácicas.
- 7 Calizas, arenas, conglomerados terciarios.
- 9 Yesos, arenas y arcillas terciarios, 10- areniscas y conglomerados terciarios.
- 21-24 Depósitos cuaternarios.

Figura 55. Esquema geológico de algunas de las lagunas mencionadas.



Figura 56. Laguna de Taray (foto M.Martínez) y Laguna de La Quebrada (Foto J. Díaz).

La causa de los descensos en los humedales se debe a que los niveles varían, tanto anual como estacionalmente, como consecuencia de los descensos progresivos de los niveles freáticos, así la explotación intensiva del acuífero ha repercutido directamente en estos ecosistemas. Dentro del funcionamiento general de los humedales las entradas se producen a partir de la precipitación directa, escorrentía superficial y/o agua subterránea (en algún caso el agua subterránea puede ser de origen cárstico, como sucede en la laguna del Charco del Soldado) y las salidas corresponden evaporación o algún canal como sucede en la Laguna de Los Capellanes y los Prados.

La laguna de Manjavacas (Mota del Cuervo, 670 m.s.m) ocupa una superficie de 1,80 km². Es una laguna estacional, con agua procedente de diversos orígenes: pluvial, superficial y subterráneo, incluyendo también las aguas residuales Mota del Cuervo. Su carácter fluctuante condiciona la salinidad de sus aguas varíe de forma muy acusada dependiendo del volumen de agua embalsada. Este humedal se asienta sobre margas, yesos, arcillas, limos, areniscas, calizas y conglomerados, con un bajo interés hidrogeológico, diferenciándose, únicamente, pequeños acuíferos colgados en los materiales detríticos o calcáreos con cierta potencia y permeabilidad. Como recibe aportes de las aguas subterráneas, puede ser la que imponga el carácter hidroquímico de sus aguas, ya que posiblemente estas, estén integradas por flujos profundos altamente mineralizados. Las concentraciones de sales oscilan entre 10 y 34 g/L, las aguas presentan facies mixtas, de tipo clorurada sulfatado-magnésica sódica (cálcica). Los valores tomados “in situ” de la conductividad son de 21.600 µS/cm, el pH es 9,10 y la temperatura de 14,6 °C.

La laguna de Taray (Las Pedroñeras) ocupa una superficie de 74,400 m². Tiene agua de manera permanente, pero los lugareños comentan que se debe a que en la laguna se realizan vertidos de aguas residuales. Si dicha aportación es cierta, el quimismo del agua no es representativo de la laguna. La hidroquímica muestra un elevado contenido en nitratos (54 mg/L) y presencia elevada de fosfatos (5,1 mg/L) que así parece justificarlo. Las aguas en general son sulfato-bicarbonatadas cálcicas con una mineralización relativamente baja (1230 µS/cm).

En el caso de la laguna del Pueblo de Pedro Muñoz, la alimentación se realiza, principalmente por aguas superficiales y agua de lluvia, aunque puede recibir un pequeño aporte de los acuíferos carbonatados cretácicos y de los detríticos terciarios. Estos últimos imprimen el carácter salino a las aguas de este humedal, con valores de conductividad de 3.100-6.000 µS/cm. Las facies hidroquímicas de esta agua son de tipo sulfatada cálcica, indicando la importancia de la disolución de yesos, con un contenido en sulfatos de 1.810 mg/L, aunque también ese advierte una elevada presencia en cloruros (920 mg/L) y los nitratos pueden alcanzar los 68 mg/L.

La laguna de El Hito es la de mayor extensión de Sierra de Altomira y se ha declarado humedal RAMSAR. Aunque su origen es principalmente superficial, en el entorno de la laguna existen tablas de espesor métrico constituidas por yesos masivos que aportan agua; así los análisis muestran, para dos muestras aisladas entre sí, aguas de mineralización comprendida entre 3500-6000 µS/cm, con contenidos variables en nitratos (1-29 mg/L) correspondiendo a aguas sulfatadas cálcicas y calcico-magnésicas; esta presencia de Mg puede estar asociada a la precipitación de yeso en la laguna por sobresaturación y el enriquecimiento de las aguas en Mg, al corresponder a una cuenca muy endorreica.

En general, se pueden establecer dos tipos de lagunas, en función de su alimentación y desconexión de las posibles formaciones acuíferas, así, las lagunas con elevados contenidos en Mg, entre 260-560 mg/L (del Hito, Manjavacas, Pedro Muñoz, Celadilla, Sánchez Gómez Dehesilla y Navas) correspondería a lagunas con un fuerte proceso evaporítico y una notable desconexión de las aguas subterráneas, temporal o totalmente; sin embargo las lagunas con contenidos inferiores a 100 mg/L (Quintanares, Quebrada,

Taray y Celadilla) muestran una posible alimentación de origen subterráneo, de carácter natural, o en el caso de la laguna de Taray, por el vertido de aguas en la misma.

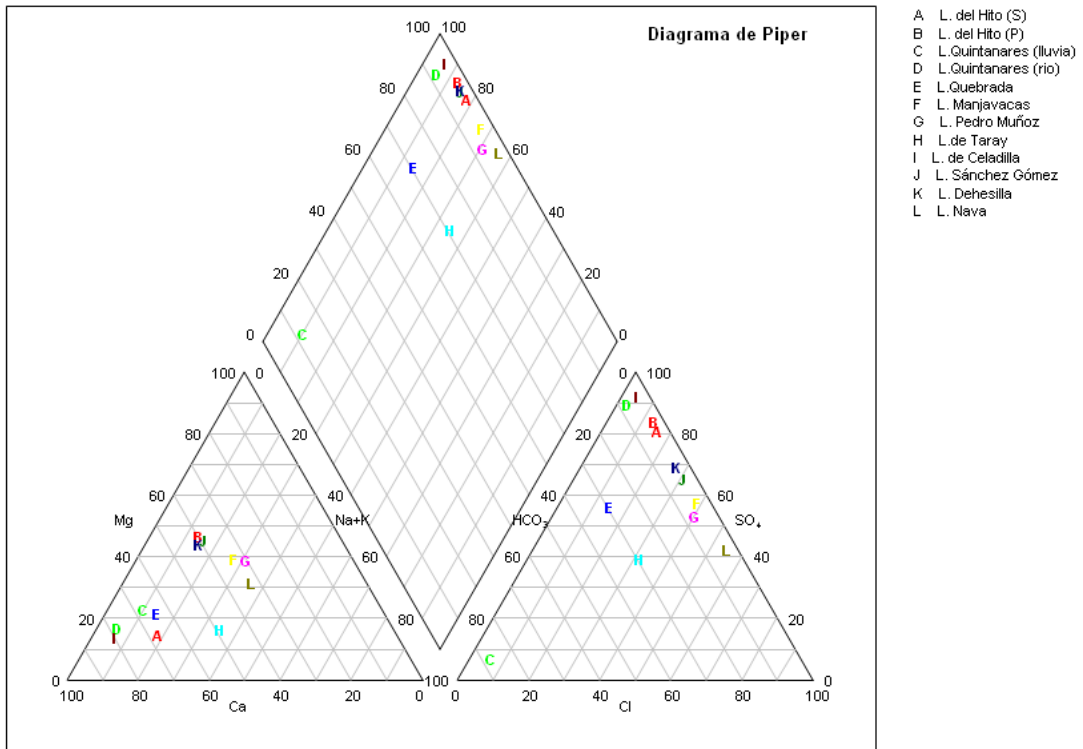


Figura 57. Diagrama de Piper-Hill-Langelier con la representación de las aguas de las lagunas analizadas.

En marzo de 2010 se realizó una visita a los humedales existentes en la zona con el objetivo de aportar información del estado en el que se encontraban en dicho momento, así como para cuantificar las salidas por evaporación. Se visitaron 20 enclaves, de los cuales 5 estaban secas y de dos no se tenía noticia por parte de los lugareños (L. de las Horadadas y Hoya Caraceno, ambas en Belmonte).

EVOLUCIÓN ISOTÓPICA DE LOS ACUIFEROS Y LAS LAGUNAS

Los isótopos estables para los SAC y SAJ muestran parecidos contenidos y comportamientos, con una tendencia hacia la evaporación que presentan los puntos situados más al S, en el caso del SAJ Almonacid-San Clemente. Igual ocurre con algunos SAC, como el de Pliegues de Mota del Cuervo o el de Sierra de la Coba. Esa evaporación también parece producirse en dos terciarios muestreados (Figura 58).

Las lagunas muestreadas presentan fuertes evaporaciones que evidencian su desconexión con los acuíferos existentes, cuyos contenidos isotópicos son muy distintos a los que no se pueden agrupar, de hecho, la Laguna Capellanes se acerca mucho a la línea meteórica y sería el punto de origen del contenido isotópico de las aguas, previas a la evaporación que luego se produce (figura 60). Este punto de origen no parece estar relacionado con el contenido isotópico de las aguas de los acuíferos y sí con el de la lluvia.

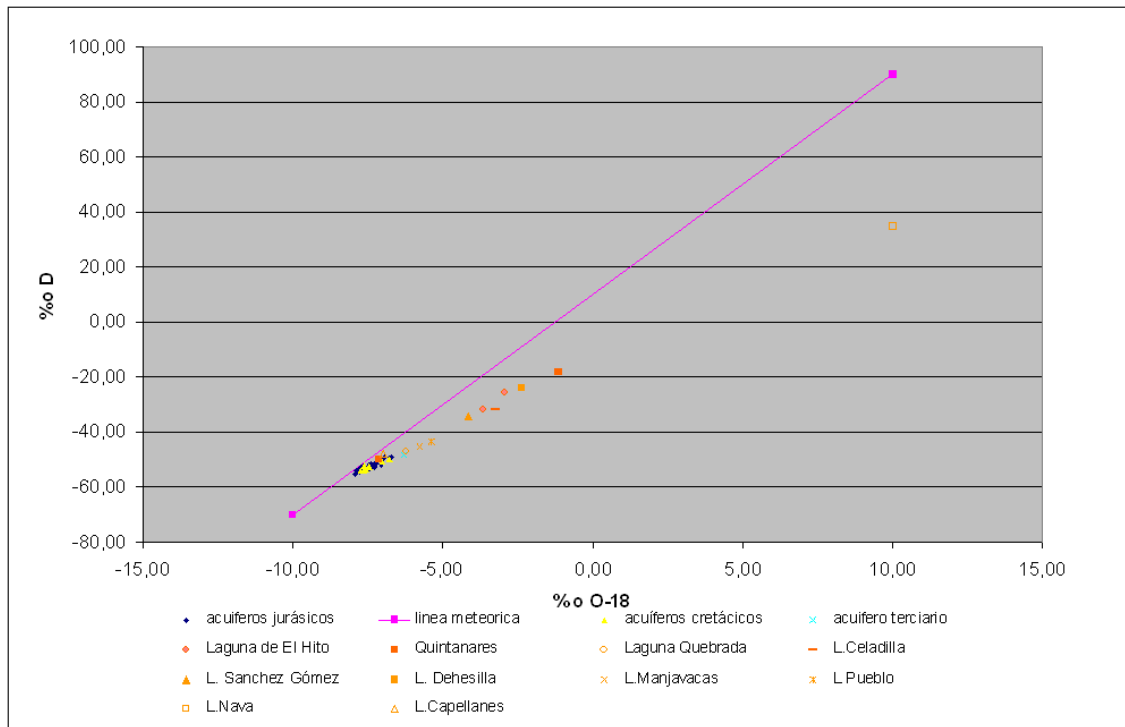


Figura 60. Gráfico %D/%O-18 de las lagunas estudiadas.

La relación existente, con una clara alineación y un $R=99,6\%$, evidencia un mismo patrón de comportamiento, de evaporación de las aguas por esta desconexión de los acuíferos, si hubiere. La ecuación obtenida es similar a la de los SAJ y SAC (figura 61).

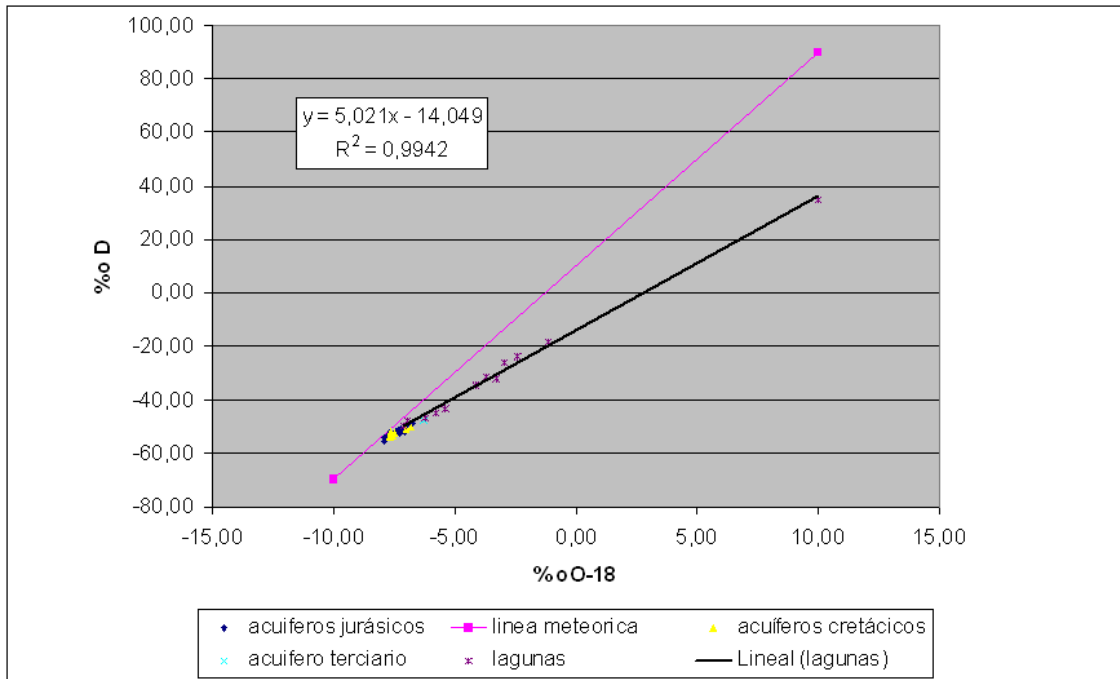


Figura 61.- Correlación lineal para los SAJ y SAC.

7.4. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

La recarga del sistema se realiza, principalmente, mediante infiltración del agua de lluvia. Existen varias formaciones acuíferas de distintas edades y litologías; como son carbonatos jurásicos, cretácicos y terciarios, así como materiales detríticos terciarios. Estos pueden estar conectados en función de las estructuras existentes y de la porosidad de los materiales.

La superficie aflorante de los mismos facilita la infiltración proveniente de la lluvia. Los depósitos detríticos terciarios son los de mayor extensión junto a los depósitos carbonatados cretácicos. Los materiales jurásicos, sin embargo, afloran en menor superficie.

Puede producirse una infiltración directa en los materiales carbonatados (cretácicos o jurásicos) o bien una infiltración diferida a través de los materiales detríticos suprayacentes (terciarios y cuaternarios). Existen pequeñas aportaciones subterráneas procedentes de la cuenca del Tajo, por cauces fluviales o por retorno de riego.

La descarga se realiza por bombeos, drenaje hacia los ríos, manantiales y por descarga subterránea hacia otras masas de agua subterránea.

Las aportaciones subterráneas a la MASb se producen por entradas desde la cuenca del Tajo MASb (030.014) Entrepeñas y desde la (041.002) La Obisपालia. Las salidas subterráneas se producen hacia las MASb (041.003) Lillo- Quintanar, (041.004) Consuegra-Villacañas, (041.005) Rus-Valdelobos y (041.006) Mancha Occidental II y dentro de la cuenca del Júcar hacia las masas colindantes.

Los acuíferos carbonatados jurásicos muestran una circulación preferente hacia el S, hacia Mancha Occidental y Mancha Oriental. No obstante existe un flujo desde la cuenca del Tajo, al N, correspondiente a la MASb (030.014) Entrepeñas y desde el S, de la (041.010) Campo de Montiel. También se define una conexión hidráulica hacia el O, con la MASb (041.003) Lillo-Quintanar, y la MASb (041.004) Consuegra-Villacañas; así como al E a la Cuenca del Júcar. No obstante, las diferentes S.A.J. permiten observar algunas posibles desconexiones entre los de la zona central y zona occidental principalmente. Así se define una circulación hacia el río Cigüela al N y hacia el río Riansares, al O.

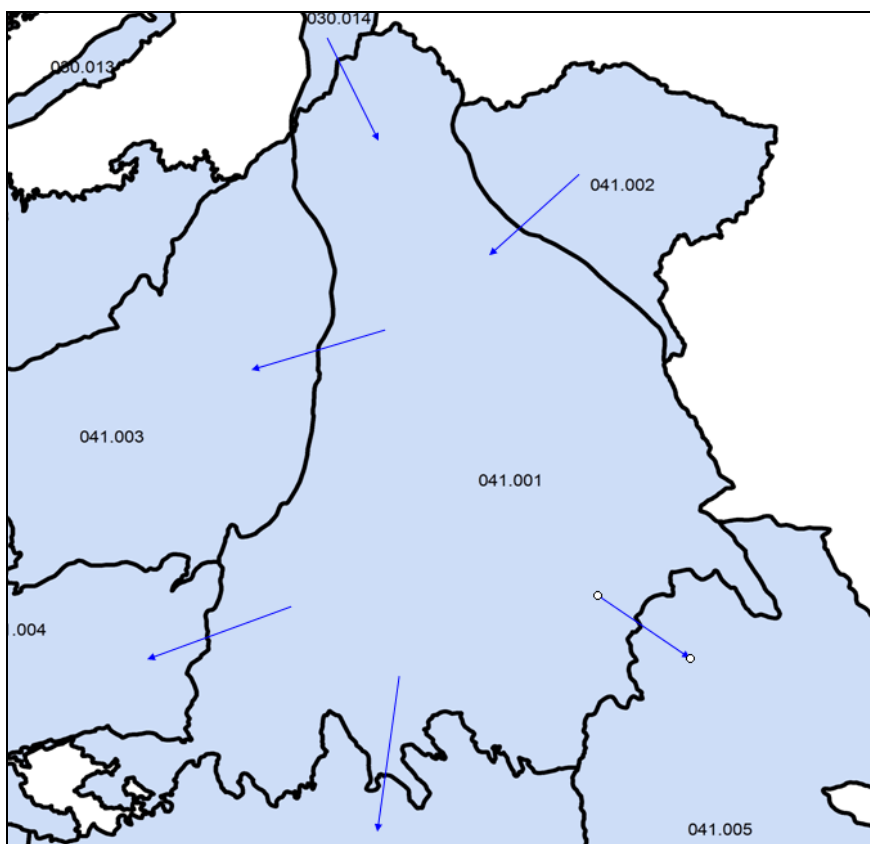


Figura 62. Flujo de aguas subterráneas entre MASb.

La dirección de flujo de los acuíferos carbonatados cretácicos es hacia el S, a los acuíferos de Mancha Oriental y Occidental, aunque en la zona septentrional, de manera local, los acuíferos drenan hacia los cursos de agua superficiales, Riansares y Bedija. La recarga, aparte de provenir de la infiltración de la lluvia a través de las superficies aflorantes o del goteo de los materiales terciarios, puede provenir de la conexión al E con los materiales detríticos de la Depresión Intermedia y de la conexión con el acuífero cretácico de la Serranía de Cuenca. Otro hecho a señalar, es la existencia, dentro del conjunto de formaciones cretácicas, de distintos niveles acuíferos, evidencia de una diferente litología y propiedades, con presencia de yesos, como horizontes con diferente fracturación que pueden presentar diferencias en cota piezométrica.

Los acuíferos carbonatados jurásicos y cretácicos no están conectados en la zona septentrional, existiendo una clara diferencia de cotas piezométricas de ambos acuíferos, sin embargo, conforme se aproxima hacia el contacto con Mancha Occidental y la superficie es más extensa y menos plegada, parece existir una conexión hidráulica entre ambos acuíferos.

El funcionamiento de los acuíferos asociados a depósitos detríticos terciarios es el propio de un sistema multicapa. Así, las cotas piezométricas están condicionadas tanto por la profundidad a la que se sitúan los horizontes acuíferos, como por las propias cotas topográficas. Al N y cerca de los relieves, las cotas piezométricas se encuentran en torno a 880 m s.n.m., disminuyendo hacia el S, con cotas de 660-680 m .s.n.m. Por tanto, las direcciones de flujo vienen condicionadas por los relieves sobre los que se desarrollan los depósitos terciarios y las cuencas hidrográficas que se desarrollan; existirá una evidente circulación hacia el S y SO, hacia el río Záncara, pero también una circulación hacia el E, al contacto con la Depresión Intermedia, hacia la Cuenca del Júcar y otra circulación hacia el O, al igual que el río Cigüela, el Bedija y los afluentes a la cuenca del Tajo.

VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad de un acuífero, frente a posibles contaminantes externos es una propiedad cualitativa del mismo, la cual puede ser cuantificada en base a la calidad y cantidad de los datos de que se disponga. Se puede definir como el nivel de penetración con que un contaminante alcanza una posición específica en un sistema acuífero, después de su introducción en alguna posición sobre la zona no saturada (Ground Water Vulnerability Assesment, 2000).

Como herramienta preventiva frente a la contaminación, tradicionalmente se ha venido trabajado en el desarrollo de metodologías tendentes a evaluar la posible vulnerabilidad de los acuíferos frente a las presiones externas.

La caracterización del medio físico y la realización de una zonificación a partir de dicho conocimiento previo, constituye un instrumento de gran efectividad para la protección de los recursos hídricos subterráneos. La calidad del agua es un elemento esencial, máxime en

áreas donde, en un porcentaje elevado el destino final es el abastecimiento a la población, tal como sucede en la MASb Sierra de Altomira.

La realización de mapas temáticos de vulnerabilidad del acuífero presentan gran utilidad para establecer un análisis conjunto de la presión de los contaminantes y la evaluación del impacto de las presiones en las aguas subterránea. Gracias a los Sistemas de información Geográfica y a las nuevas tecnologías, se ha facilitado la elaboración de cartografías de vulnerabilidad, mediante la superposición de capas temáticas con un índice de ponderación.

En el presente apartado, se adjunta la evaluación de la vulnerabilidad realizado por el Instituto Geológico y Minero de España, dentro de la Encomienda de Gestión MMA-IGME para la realización de trabajos Científico-Técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas; específicamente para la Actividad nº 9 (Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de la Directiva Marco del Agua) y para la que se ha contado con la colaboración del Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga.

Metodología

Existen diversos métodos para la determinación de la vulnerabilidad de los acuíferos. La diferencia entre ellos radica en el número de parámetros que considera para su determinación así como la tipología de ellos (características de la zona no saturada, profundidad del agua subterránea, recarga neta, permeabilidad del subsuelo, etc.).

Se ha evaluado la vulnerabilidad intrínseca de la zona de estudio mediante el denominado método COP. Desarrollado por el Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (GHUMA). Dicha vulnerabilidad caracteriza a cada acuífero en función de los factores geológicos e hidrogeológicos, que posee la zona no saturada, relativa a la sensibilidad a impactos externos, pero independiente de la naturaleza del contaminante. Está especialmente orientado a trabajos de planificación del territorio, en lo que respecta a la calidad del recurso, en aquellos lugares donde no existen presiones sobre el medio.

El **método COP** (VÍAS, 2002), denominado por los términos ingleses de las 3 variables que representa. Estas son:

- ✓ **flow Concentration** (Condiciones de infiltración)
- ✓ **Overlaying Layers** (características de la zona no saturada)
- ✓ **Precipitación** (relativo a la precipitación)

El factor C considera las condiciones de superficie que controlan los flujos de agua hacia zonas de infiltración rápida, donde la capacidad de atenuación de la contaminación es menor. El factor O tiene en cuenta la capacidad de protección o de filtro ante la

contaminación que tienen las capas de la zona no saturada. El factor P tiene en cuenta la influencia de la precipitación para el transporte de los potenciales contaminantes hacia la zona saturada. Los factores C y P son factores correctores del grado de protección del acuífero definido a partir del factor O. El factor C es un factor específico de medios kársticos con valores comprendidos entre 0 y 1, es decir, la capacidad de protección del acuífero puede ser nula allí donde el factor C es igual a cero y puede no disminuir allí donde el factor C es igual a uno. El factor P varía entre 0,5 y 1.

El índice de vulnerabilidad COP se obtiene como resultado del producto de los tres factores anteriormente mencionados, siendo la expresión :

$$\text{Índice COP} = C \cdot O \cdot P$$

El rango de valores del índice de vulnerabilidad intrínseca varían entre 0 y 15. Los valores se agrupan en muy alta, alta, moderada, baja y muy baja siendo los intervalos COP, los siguientes, respectivamente: (0-0,5), (0,5-1), (1-2), (2-4), (4-15). Los valores próximos a 0 indican vulnerabilidad máxima y los próximos a 15 vulnerabilidad mínima del acuífero.

Mapa de vulnerabilidad

El resultado final es el Mapa de Vulnerabilidad que se muestra en la Figura 63.

A partir del mapa de vulnerabilidad se ha planimetrado los recintos correspondientes a los diferentes niveles de vulnerabilidad. Dicha tarea se ha realizado mediante Arc-Gis 9.2, resumiendo dicha información en las tablas siguientes.

Cabe indicar como la superficie total planimetrada para la totalidad de la MASb es 1,1% menor que la superficie considerada en la delimitación oficial. Esta diferencia, la cual se considera asumible, se debe al método con el que se ha determinado la vulnerabilidad y a los ajustes de las celdas en los bordes de la MASb.

El porcentaje correspondiente a la vulnerabilidad muy baja y baja suponen un 76.8 % y el correspondiente a alta y muy alta es el 8.2 %. Tabla 33.

Vulnerabilidad	Área Km ²	%
Muy Alta	2	0,1
Alta	207	8,1
Moderada	385	15,1
Baja	884	34,7
Muy Baja	1072	42,1
Total	2547	100,1

Tabla 33. Vulnerabilidad. Superficie y % en la MASb, 041.001, Método COP.

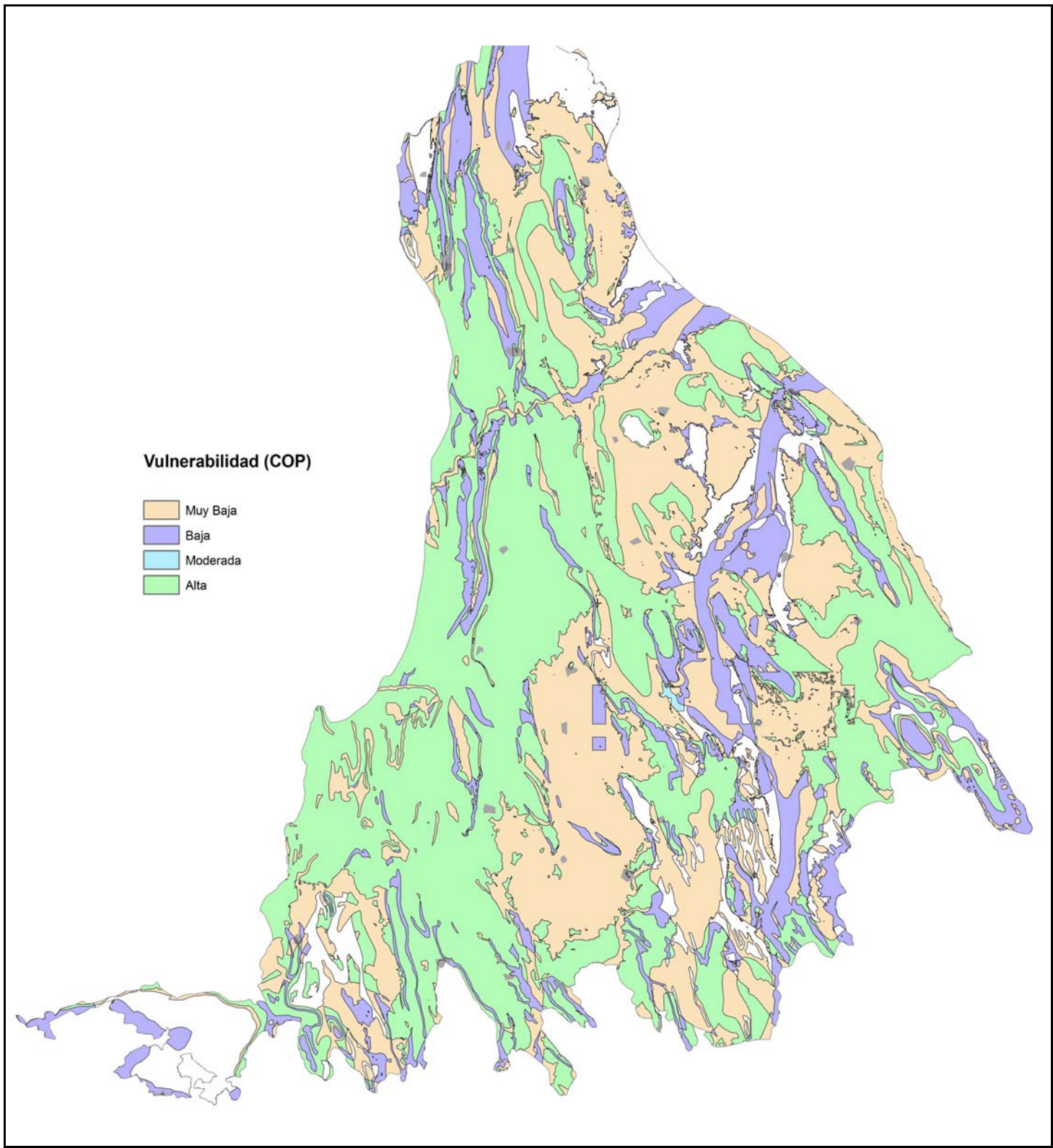


Figura. 63 Mapa de Vulnerabilidad.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

-La estructura de las MASb (041.001) Sierra de Altomira, se define como una franja central de materiales mesozoicos principalmente carbonatados, de orientación NO-SE y que en su extremo septentrional es más estrecha, mientras que hacia el S tiende a hundirse, hasta contactar mecánicamente con la Llanura Manchega a causa de fracturas orientadas E-O. Esta franja central, constituida por numerosos pliegues y cabalgamientos, avanza hacia el O sobre otra franja, la occidental, de similares características y de orientación N-S, superponiéndose sobre ella en el N y dejando hacia el S, estrechas depresiones rellenas de materiales terciarios. Al Este de la franja central, se define, de manera menos continua, otra estrecha franja, la franja oriental, dispuesta en dirección NO-SE, quedando entre ambas otras depresiones, de mayor extensión. Hacia el S, se define una depresión de orientación E-O que corresponde a la Llanura Manchega.

-Los acuíferos de interés regional corresponden a los acuíferos carbonatados cretácicos y jurásicos, aunque también se explotan, de manera local, los acuíferos terciarios detríticos y carbonatados.

- Las formaciones susceptibles de constituir acuíferos no forman un único acuífero homogéneo. Así para las formaciones jurásicas se diferencian tres grandes tramos y en el caso de las formaciones cretácicas, dos grandes formaciones acuíferas.

-Los pliegues y fallas afectan al comportamiento hidrodinámico desconectando acuíferos a causa de las divisorias hidrogeológicas que forman los ejes anticlinales y cabalgamientos cuyo material infrayacente es impermeable. Así se pueden definir una serie de subunidades acuíferas locales que permitirán conocer mejor el funcionamiento hidrogeológico del mismo, tanto para las formaciones jurásicas y cretácicas, que no coinciden en distribución y que también pueden resultar útiles para la gestión de la MASb. Se han denominado SAJ (subsistema acuífero jurásico) y SAC (subsistema acuífero cretácico). Dichas subunidades estarán definidas en función de la estructura, posibles desconexiones hidráulicas y de la facilidad de acceso para su explotación.

- La recarga se realiza, mayoritariamente, mediante infiltración del agua de lluvia; pueden existir otras aportaciones de origen subterráneo, por cauces fluviales (río Záncara) o por retorno de riego. La descarga se produce principalmente por bombeos, drenaje hacia los ríos y por descarga subterránea hacia las MASb contiguas. Así las aportaciones subterráneas provienen de la cuenca del Tajo MASb (030.014) Entrepeñas y desde la (041.002) La Obispalía. Las salidas subterráneas se producen hacia la MASb 041.003 Lillo- Quintanar, 041.004 Consuegra-Villacañas, (041.005) Rus-Valdelobos y 041.006 Mancha Occidental II; dentro de la cuenca del Júcar hacia la MASb colindante 080.119 Terciario de Alarcón.

- La conexión hidráulica entre los diferentes subsistemas y entre los acuíferos jurásicos y cretácicos no se conoce suficientemente. Así, parece que existe en el S una conexión entre acuíferos cretácicos y jurásicos, hecho que no parece producirse en el N. Asimismo, las conexiones entre los subsistemas acuíferos precisan de un conocimiento más exhaustivo en cuanto a piezometría y calidad de las aguas, ya que no se dispone de esta información para las formaciones mesozoicas situadas en las depresiones rellenas de materiales terciarios.

-Asimismo, el papel de las formaciones acuíferas detríticas terciarias ha de ser importante, en cuanto a la recarga y a la calidad química de las aguas asociadas a las formaciones acuíferas mesozoicas.

- A partir del estudio hidroclimático realizado, para el periodo 1977-2007, se obtiene una precipitación media de 448,7 mm, para un periodo calificado pluviométricamente como medio y una ETP_{media} de 783,6 mm. La lluvia útil es de 50,6 mm y considerando una superficie de 2.575,2 km² supone una aportación total de 130,4 hm³/año. El valor resultante es inferior al obtenido para otros periodos, debido a que el intervalo de años considerado cabe calificarse como más seco.

- A partir de los aforos realizados en la campaña de diciembre de 2008 se observa que la parte nororiental de la Sierra de Altomira presenta ríos ganadores, recibiendo aportaciones de los acuíferos que atraviesa en los ríos Riansares y Cigüela hasta la salida de la MASb. Los ríos Monreal-Saona y Zán cara presentan un tramo ganador que pasa a ser perdedor en el tercio SO de las MASb, por lo tanto se define, de manera resumida y para la época estudiada, un tercio SO de las MASb en el cual las relaciones río-acuífero son de ríos perdedores.

- De la comparación de los recursos hídricos que se deducen de los aforos realizados en esta campaña y los recursos medios de los aforos de épocas de recarga de otros años, se evidencia una magnitud inferior de las aportaciones a los ríos ganadores en la presente campaña. Este resultado se explicaría a priori porque los aforos realizados reflejan una situación de caudales en la parte inicial de la rama ascendente (curva de concentración del hidrograma anual) de la época de invierno y de primavera. Por su parte, los datos de aforo de años previos reflejan, al menos en algunos casos, situaciones de caudales punta del hidrograma anual.

- Los resultados de los recursos de aportaciones subterráneas y de recarga desde el río, que se deducen de los caudales diferenciales medidos en los aforos, son claramente inferiores a algunos caudales diferenciales obtenidos en otros años y épocas. Esto indica que existen periodos (en invierno y en primavera) en los cuales la aportación subterránea llega a ser superior a la medida en esta campaña.

- La evolución piezométrica muestra una clara dependencia de la climatología, registrándose mayores descensos en las etapas de sequía y respondiendo con una recuperación de niveles en los periodos húmedos, tal como lo reflejan los humedales existentes en la zona. Atendiendo a la evolución de los piezómetros seleccionados como representativos del acuífero jurásico se observa un suave descenso del nivel piezométrico, que se acentúa a partir de la década de los años 80 del siglo pasado, entre 20-30 m, para recuperarse algo a principios del año 1997, coincidiendo con un corto periodo húmedo de

fuerres precipitaciones; sin embargo, tras una leve recuperación vuelve a tender al descenso suave; desciende en general, para un periodo comprendido entre 1977 y 2008, hasta un máximo de 32 m. El efecto de estas lluvias de diciembre de 1996 son ascensos de 3-15 m en los acuíferos septentrionales y más moderados, de hasta 10 m en las meridionales. En el caso de los acuíferos carbonatados cretácicos también se observa una tendencia decreciente de los niveles piezométricos, jalonado por pequeños ascensos asociados a estaciones húmedas. Asimismo se observan influencias de la actividad antrópica, así los puntos 2127-8-0002 y 2327-2-0019 muestran entre 1990 y 1996 oscilaciones y descensos de nivel piezométrico que pueden estar relacionados con bombeos y explotaciones en el entorno. Otra situación parecida le ocurre al 2128-3-0006, que muestra altibajos asociados tanto a las precipitaciones como a las posibles explotaciones del acuífero. En general los niveles piezométricos responden rápidamente a fuertes lluvias, con ascensos de 6-7 m.

A la vista de los gráficos de evolución piezométrica, en el periodo 1970-2009, cabe indicar descensos acumulados entre 30 y 50m. Descensos de 30 m en los piezómetros 212820002, 212830006, 222410002, 222670019, de 40 m en 222830001, 232720019 y más de 50 m en 212780002 (figura 64).

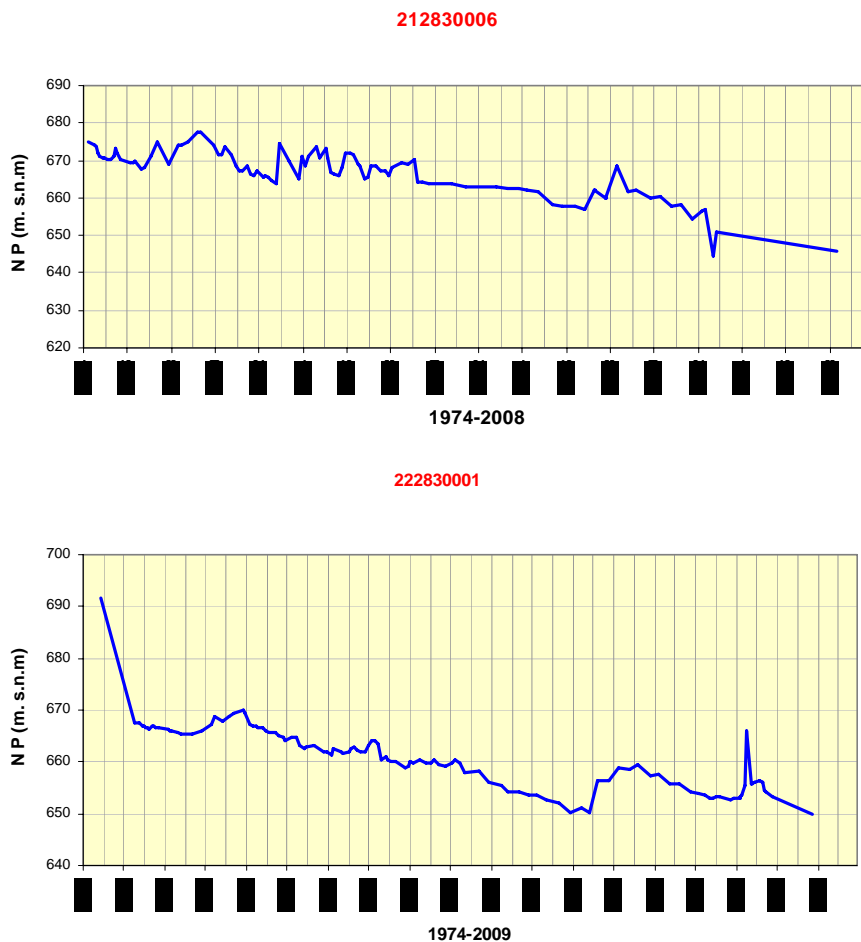


Figura 64. Evolución piezométrica en 2128-3-0006 y 2228-3-0001

-Las variaciones de la piezometría en el periodo 1970-2009 para los diferentes SAJ y SAC se recogen en la Tabla 34. Para los materiales jurásicos las cotas varían entre leves ascensos de 0.45 m a fuertes descensos, superiores a los 22 m, principalmente en el S, alcanzando los 32 m. Para los materiales cretácicos se observa un incremento de casi 10 m en Fuentelespino de Haro, aunque en general los descensos son similares a los jurásicos.

Subacuífero jurásico	Cota piezométrica más antigua (m s.n.m.)	Cota piezométrica más moderna (m s.n.m.)	Diferencia (m)
SAJ Saelices	802.17 (2/1980)	797.67 (7/1987)	-4.5
SAJ Sierra de Almenara	775.24 (11/1988)	758.24 (10/2002)	-17
SAJ Almonacid-San Clemente	680.35 (5/1979)	668.46 (5/2001)	-11.89
SAJ Cervera del Llano	820.8 (6/1988)	817.66 (2/2002)	-3.14
SAJ Los Hinojosos	685.43 (10/1973)	652.91 (11/2002)	-32.52
SAJ Hontanaya	723.62 (2/1980)	706.15 (7/2002)	-17.47
SAJ Mota del Cuervo	696.6 (5/1979)	679.03 (9/2004)	-17.57
SAJ Pinarejo	862.85 (2/1980)	863.30 (4/1989)	+0.45
SAJ Campo de Criptana	661.66 (12/1973)	639.08 (11/2002)	-22.58
Subacuífero cretácico			
SAC Montalbo	839.25 (6/1974)	831.51 (2/1992)	-7.74
SAC Villares del Saz	837 (6/1974)	831.5 (5/1996)	-5.5
SAC Castillo de Garcimuñoz	826.65 (6/1982)	794.56 (10/2001)	-32.09
SAC Fuentelespino de Haro	813.75 (6/1985)	823.3 (2/2002)	+ 9.55
SAC Carrascosa de Haro-Belmonte	691.19 (8/1974)	672.5 (9/2008)	-18.69
SAC Pliegues de Mota del Cuervo	671.6 (3/1974)	655.87 (4/2002)	-15.73

Tabla 34.- Resumen de las variaciones de cota piezométrica en los SAJ y SAC con información periódica. Para los subsistemas con varios piezómetros se ha empleado el de mayor número de medidas.

-Hidroquímicamente, en los acuíferos jurásicos y cretácicos, principalmente en la zona centro-sur, predominan aguas mixtas o sulfatadas cálcicas, con una mineralización notable. Igual ocurre con los acuíferos detríticos terciarios. El contenido en nitratos, se encuentra entre concentraciones medias de 15-40 mg/l, con máximos superiores a los 100 mg/l, que indican una evidente influencia antrópica, principalmente en el extremo meridional.

-La distribución de las extracciones es muy desigual. La parte más septentrional presenta menores extracciones que el resto del territorio; situándose los mayores volúmenes consolidados en los T.M. colindantes con la MASb Mancha Occidental II. Los T.M. con volúmenes consolidados más altos (20-130 hm³) corresponden a Villarrobledo y Campo de Criptana, seguido de Las Pedroñeras, El Provencio y San Clemente con 5-20 hm³.

-Es preciso conocer en mayor detalle las entradas y salidas de agua a las MASb, principalmente las conexiones con las distintas MASb colindantes, así como el papel que juegan los materiales detríticos terciarios en la recarga de los acuíferos y en la calidad química de las aguas.

En base a las conclusiones anteriormente expuestas, se proponen a continuación las recomendaciones siguientes:

-Ampliar el conocimiento del funcionamiento hidrogeológico de las diferentes formaciones acuíferas y las distintas conexiones hidráulicas entre las mismas. Para ello sería preciso la ejecución de campañas de geofísica y sondeos de investigación hidrogeológica, de profundidades considerables, superiores a 400 m, en áreas con escaso conocimiento hidrogeológico y depresiones terciarias intracuenas. Asimismo se conocería el potencial como recurso de las formaciones, sus características hidráulicas y calidad química de las mismas y pueden ser equipados como piezómetros de control. Con ello se podría mejorar la distribución de los subacuíferos definidos para el presente estudio.

- Se propone que la red de estaciones de aforo del presente informe quede establecida como red de puntos de aforos para los futuros estudios de aportaciones y de relaciones río-acuífero que sean abordados por el IGME y por la Confederación Hidrográfica del Guadiana, de forma que se asegure en la medida de lo posible la ejecución de los aforos en los mismos puntos. En este sentido, ya se ha señalado la circunstancia de que las masas no disponen de estaciones de aforo idóneas o con registro histórico suficiente.

- Dado que las relaciones río-acuífero presentan, en los tramos estudiados, un comportamiento variable en el tiempo, dependiendo de las épocas del año, se propone la realización de una serie de cuatro nuevas campañas que completen un año hidrológico.

- En este mismo sentido, los resultados de los recursos de aportaciones subterráneas y de recarga desde el río, que se deducen de los caudales diferenciales medidos en los aforos del presente estudio, son claramente inferiores a algunos caudales diferenciales obtenidos en otros años y épocas (comparación con los resultados de aforos de otras campañas). Esto indica que existen períodos (en invierno y en primavera) en los cuales la aportación subterránea llega a ser superior a la medida en esta campaña. Esta mejor definición de caudales de la recarga y de la aportación en el ciclo anual permitirá una estimación mas precisa de los recursos a considerar en el balance anual de las MASb.

- Realización de piezómetros de control, a ambos lados de la divisoria de la cuenca hidrológica Guadiana-Tajo, encaminados a contribuir a conocimiento y cuantificación de posibles aportaciones a través de los materiales carbonatados entre la Cuenca del Tajo y la Cuenca del Guadiana. También se cree necesarios la realización de piezómetros que capten acuíferos jurásicos y cretácicos de manera individualizada en la conexión con la cuenca del Júcar y con las MASb occidentales.

-El equipamiento de sondeos con limnigrafos o sensores de registro continuo de piezometría resulta de gran interés, en las zonas con mayor actividad antrópica, para conocer su influencia en el funcionamiento de los acuíferos.

-Realización de un modelo de simulación matemática que permita cuantificar las transferencias de agua subterránea entre las distintas MASb y las interconexiones entre las formaciones acuíferas existentes, tanto de interés regional como local. Asimismo, dicho

modelo podría determinar si la propuesta de subsistemas acuíferos como unidad de gestión y conocimiento resultaría adecuada o podría ser modificada.

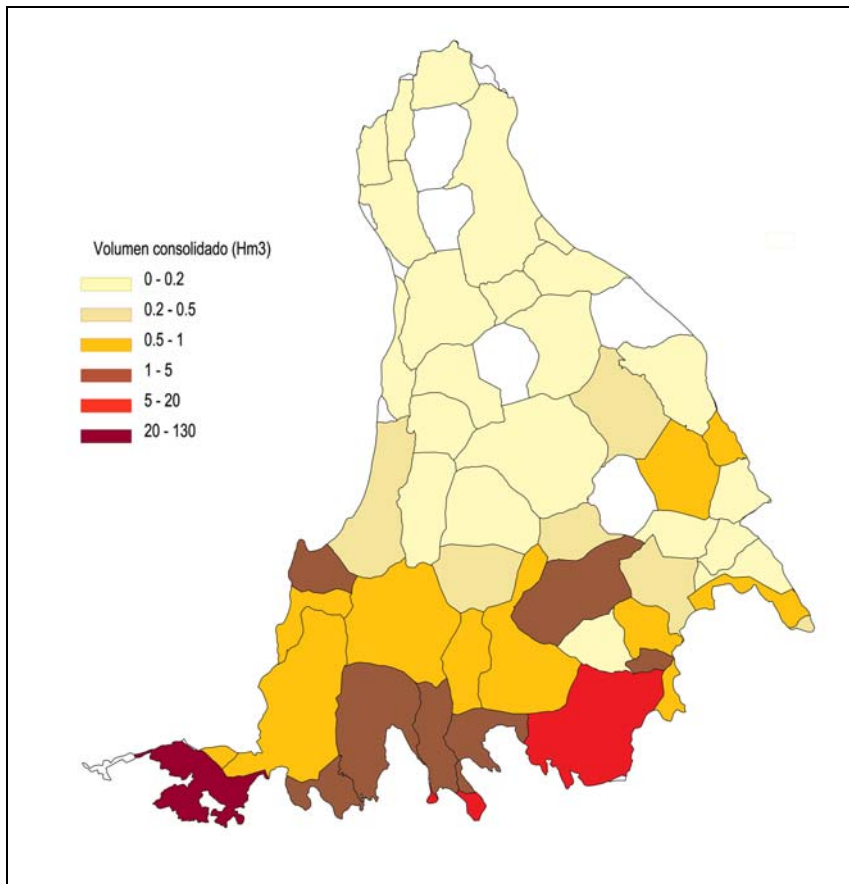


Figura 65. Distribución de volúmenes consolidados. Fte. CHG,2007.

-Con respecto a las extracciones, en la zona mas septentrional de la MASb (041.001) Sierra de Altomira, debido al carácter compartimentado de los acuíferos mesozoicos y al desigual volumen extraído en los diferentes términos municipales; sería posible un ligero aumento de las extracciones; con el consiguiente plan de seguimiento y vigilancia.

-La disminución de las extracciones sería más recomendable en los TM colindantes a la MASb Mancha Occidental II ya que es donde estos son mas intensos, con el objetivo de favorecer un ascenso de los niveles piezométricos y como consecuencia la mejora del estado de los humedales existentes.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Estrela, T.; Cabezas, F. y Estrada, F. (1999): La evaluación de los recursos hídricos en el Libro Blanco del Agua en España. Ingeniería del Agua, Vol.6, Nº.2, págs. 125-138.

García Jiménez, M.A. (1995): Estudio de la unidad hidrogeológica de la Sierra de Altomira en la cuenca del río Guadiana. DGOH.

García Jiménez, M. A, Iglesias López, P. (1995). Estudio de la Unidad hidrogeológica de la Sierra de Altomira en la Cuenca del río Guadiana. VI Simposio de Hidrogeología. Sevilla. Asoc. Española de Hidrología Subterránea.

Martínez Cortina, L. (2001). Estimación de la recarga en grandes cuencas sedimentarias mediante modelos numéricos de flujo subterráneo. Aplicación a la cuenca alta del Guadiana. Tesis doctoral.

CEDEX, (1997). Estudio de la relación entre el río Cigüela y los acuíferos colindantes. Campaña de aforos de 1997 en el río Cigüela.

CHG, (2001). Mejora del Conocimiento Hidrogeológico de la Cuenca Alta del Guadiana hasta las UU.HH. 04.02 y 04.04.

CHG. Series de aforos de la Confederación Hidrográfica del Guadiana para los ríos Cigüela y Záncara.

IGME (1971). Mapa hidrogeológico de España 1/200.000. Hoja 61. Ciudad Real.

IGME (1972): recorrido hidrogeológico por el Río Rus". Nota técnica 56. Estudio hidrogeológico del Alto Júcar-Alto Segura.

IGME (1979). Plan Nacional de Investigación de Aguas subterráneas (PNIAS): Proyecto de investigación hidrogeológica de la cuenca alta y media del Guadiana. Informe Final (Sistema 19: Sierra de Altomira. Sistema 20: S.E. De la Mancha de Toledo. Sistema 22: Cuenca del Río Bullaque. Sistema 23: Llanura Manchega. Sistema 24: Campo de Montiel.

IGME (1980). Plan Nacional de Gestión y Conservación de Acuíferos. Calidad de las aguas subterráneas en la cuenca alta del Guadiana.

IGME (1980). Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media del Guadiana. Colección Informe.

IGME (1980). El Sistema Hidrogeológico de Albacete (Mancha Oriental). Colección Informe.

IGME (1980). PNIAS. Investigación hidrogeológica de la cuenca alta y media del Guadiana. Ref: 32019.

IGME (1980). El sistema hidrogeológico de Albacete (Mancha Oriental). Recursos en aguas subterráneas. Utilización actual y posibilidades futuras.

IGME (1981). Estudio hidrogeológico de la cuenca hidrográfica del Tajo. Sistema acuífero nº 19. Mesozoico de la Sierra de Altomira. Código 35082.

IGME (1982). Estudio de las alternativas de utilización de las aguas subterráneas y superficiales en las cuencas del Guadiana y Tajo. Modelo matemático de la llanura manchega. Ref: 32084

IGME (1983). Informe sobre la calidad química de las aguas subterráneas de la cuenca alta del río Guadiana. Ref: 32101.

IGME (1983). Evolución piezométrica de los acuíferos de la cuenca alta del río Guadiana. Periodo 1974-1981.

IGME (1983). Las Aguas subterráneas en España.

IGME (1984). Proyecto para estudio de integración de los recursos de aguas subterráneas en la planificación hidrológica del río Guadiana. (Ref: 32111

IGME, (1984-1985). Proyecto Estudio Gestión y conservación acuíferos en la Cuenca Alta del Guadiana. Encuestas sobre evolución de consumo del Agua subterránea en los sistemas 19, 20, 23 y 24.

IGME (1985). Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Informe de síntesis.

IGME, (1985). Actualización de datos hidrogeológicos para la planificación de las aguas subterráneas en Castilla-La Mancha. Informe Final. (Llanura Manchega, Campo de Montiel, Unidad de la Sierra Albarracín-Atienza, Unidad Caliza de Altomira, Unidad del Campo de Calatrava. Síntesis Hidrogeológica de Castilla- La Mancha.

IGME, (1985). Proyecto para la actualización y ampliación del conocimiento de los sistemas acuíferos números 19 y 24, Sierra de Altomira y Campo de Montiel, y su relación con el Sistema 23, Mancha Occidental.

IGME (1986). Vigilancia y control de acuíferos en la cuenca alta del Guadiana. (1985-86). Actualización y ampliación del conocimiento de los sistemas acuíferos números 19 y 24, Sierra de Altomira y Campo de Montiel, y su relación con el sistema 23, Mancha Occidental.

IGME, (1987). Proyecto para Estudios de Asesoramiento técnico en materia de aguas subterráneas a las administraciones públicas, en las cuencas Hidrográficas del Guadiana y Tajo (Castilla-La Mancha).

IGME (1988). Trabajos geofísicos complementarios en la cuenca alta del Guadiana (sistemas acuíferos 19, 23 y 24).

IGME (1989). Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis.

IGME (1998). Mapa geológico MAGNA E 1:50.000 Belmonte N° 689

IGME (1998b). Mapa geológico MAGNA E 1:50.000 San Clemente N° 716.

IGME, (1999). Informe final de apoyo a la gestión Hídrica en la Unidad Hidrográfica 08.29 Mancha Oriental.

IGME, (2001-2007). Informes de Evolución piezométrica de la Unidad Hidrogeológica 04.04 Mancha Occidental y del entorno del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel.

IGME (2006). Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidad de España a escala 1:200.000.

IGME, (2008). Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descarga por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial relevancia hídrica. Masa de Agua Subterránea, Sierra de Altomira (040.001).

IGME-Diputación Provincial de Cuenca (2007). estudio del estado del abastecimiento en 10 municipios de la provincia de Cuenca: Carrascosa del Campo.

IGME, Dirección de Hidrogeología y Aguas subterráneas: Base de Puntos de Agua -base de datos AGUAS.

IGME-JCCM (1985). Actualización de datos hidrogeológicos para la planificación de las aguas subterráneas en Castilla - La Mancha.

IGME-JCCM (1997). Convenio entre la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de Castilla-La Mancha y el ITGE para apoyo en temas de agua y medio ambiente.

IGN. Mapa de Suelos de España 1:1.000.000.

ITGE (1974-94). Informes de infraestructura. Control de acuíferos, piezometría, calidad, consumos de agua subterránea.

ITGE (1986). Proyecto para la vigilancia y control de acuíferos en la Cuenca alta del Guadiana y para la actualización y ampliación del conocimiento de los S.A nº 19 y 24. Sierra de Altomira y Campos de Montiel y su relación con el S.A nº 23 Mancha Occidental.

ITGE (1989). Las Aguas Subterráneas en España. Estudio de Síntesis.

ITGE (1989). Sistema Acuífero nº 23 Mancha Occidental.

ITGE (1996). Calidad química y contaminación de las aguas subterráneas en España. Periodo 1982-1993. Cuenca del Guadiana.

ITGE-DGOH (1999). Programa de actualización del inventario hidrogeológico. PAIH. Análisis del conocimiento actual. Evaluación y programación de estudios en cuencas intercomunitarias.

ITGE-JCCM (1985). Síntesis Hidrogeológica de Castilla-La Mancha. Colección Informe.

Martínez, M. (1996). Informe final del sondeo de abastecimiento de agua potable al municipio de Castillo de Garcimuñoz (Cuenca). Informe interno.

Martínez, M. (2000). Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable a la localidad de El Provencio (Cuenca). Informe interno.

Martínez, M. (2000b). Informe final de los sondeos de abastecimiento de agua potable al municipio de Honrubia (Cuenca). Informe interno.

Martínez, M. (2002). Informe final de los sondeos de abastecimiento de agua potable al municipio de La Hinojosa (Cuenca). Informe interno.

Martínez, M. (2002b). Informe final del sondeo para el abastecimiento de agua potable a la localidad de El Provencio (Cuenca). Informe interno.

Martínez, M. (2002c). Informe final de los sondeos perforados para el abastecimiento de agua potable a la Urbanización Casalonga, en el término municipal de Villar de Cañas (Cuenca). Informe interno.

Martínez, M. (2002d). Informe final de los sondeos perforados para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Cervera del Llano (Cuenca). Informe interno.

Martínez, M. (2002e). Informe final del sondeo perforado para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Santa María de los Llanos (Cuenca). Informe interno.

Martínez, M. (2004). Informe final de los sondeos perforados para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Saelices (Cuenca). Informe interno.

Martínez, M. (2004b). Informe final de los sondeos perforados para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Pozoamargo (Cuenca). Informe interno.

Martínez, M. (2005). Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable a la localidad de Casas de Fernando Alonso (Cuenca). Informe interno.

Martínez, M. (2005b). Informe final del sondeo de investigación para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Casas de Fernando Alonso (Cuenca) y propuesta de perímetro de protección. Informe interno.

Martínez, M. (2006). Informe final del sondeo de investigación para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Montalbo (Cuenca) y propuesta de perímetro de protección. Informe interno.

Martínez, M.; Alonso E. (2008). Informe final del sondeo de investigación para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Montalbo (Cuenca) y propuesta de perímetro de protección. Informe interno.

MOPU. Servicio Geológico (1990). Unidades Hidrogeológicas de la España Peninsular e Islas Baleares.

SGOP (1983). Estudio hidrogeológico del Campo de Montiel y la influencia de la explotación de aguas subterráneas sobre el Parque Nacional de las Lagunas de Ruidera.

SGOP(1984) Estudio de la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas en la cuenca alta del río Guadiana.

SGOP (1985). Estudio de la evolución del acuífero de la Llanura manchega. Periodo 1981-1984.

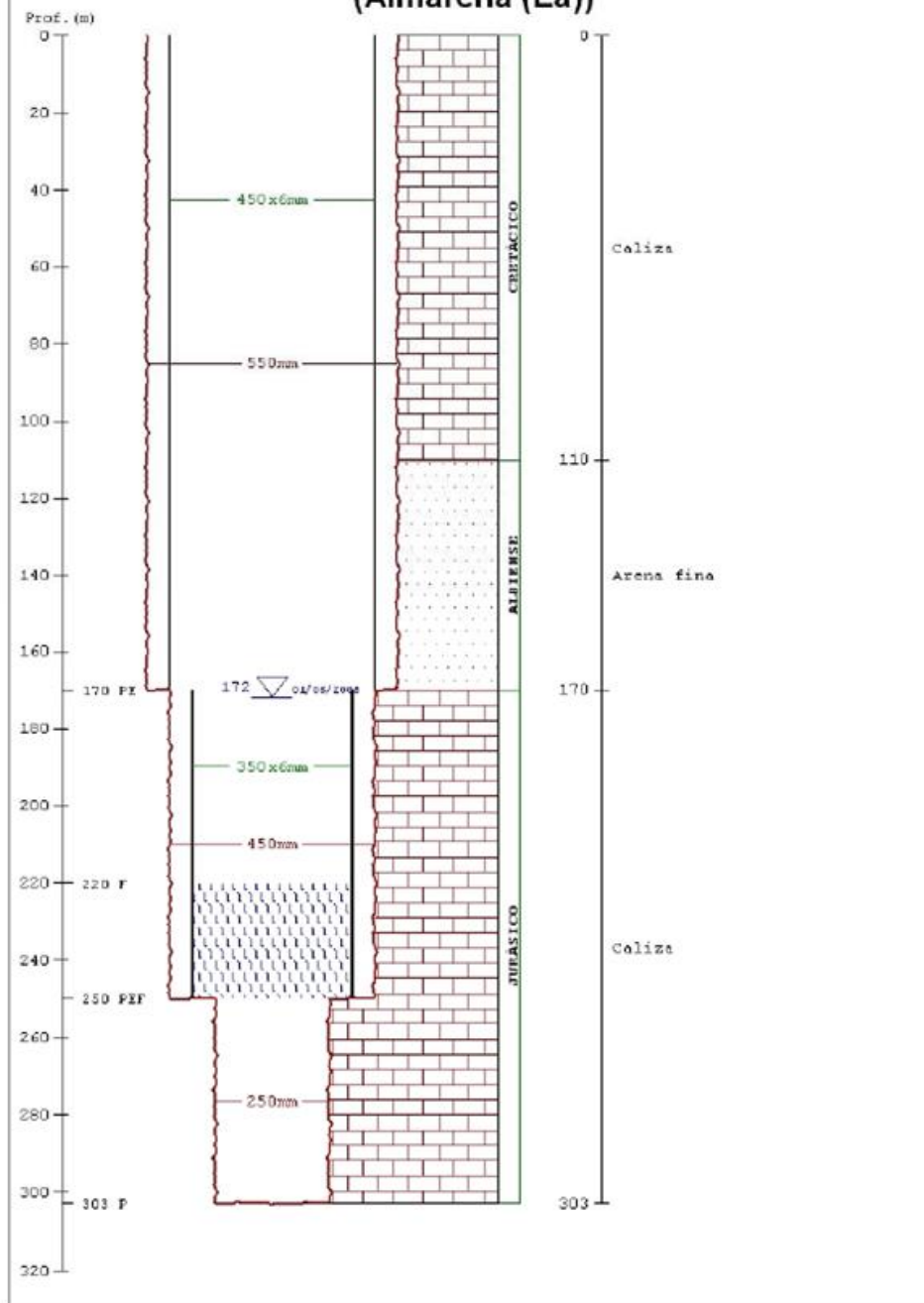
SGOP (1986). Informe hidrogeológico: Sobreexplotación del acuífero de la llanura manchega.

ANEXOS

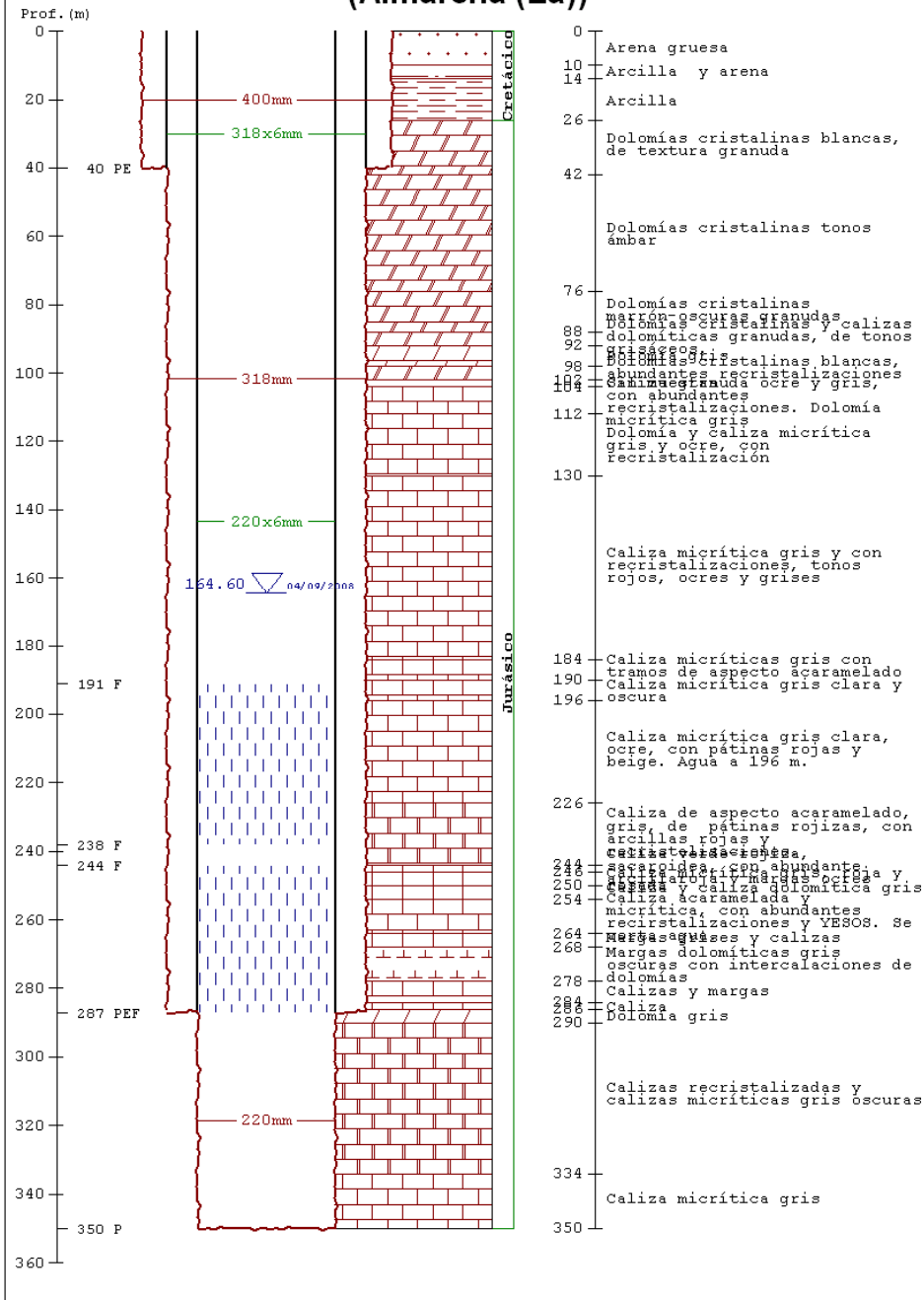
ANEXO 1

Columnas geológicas

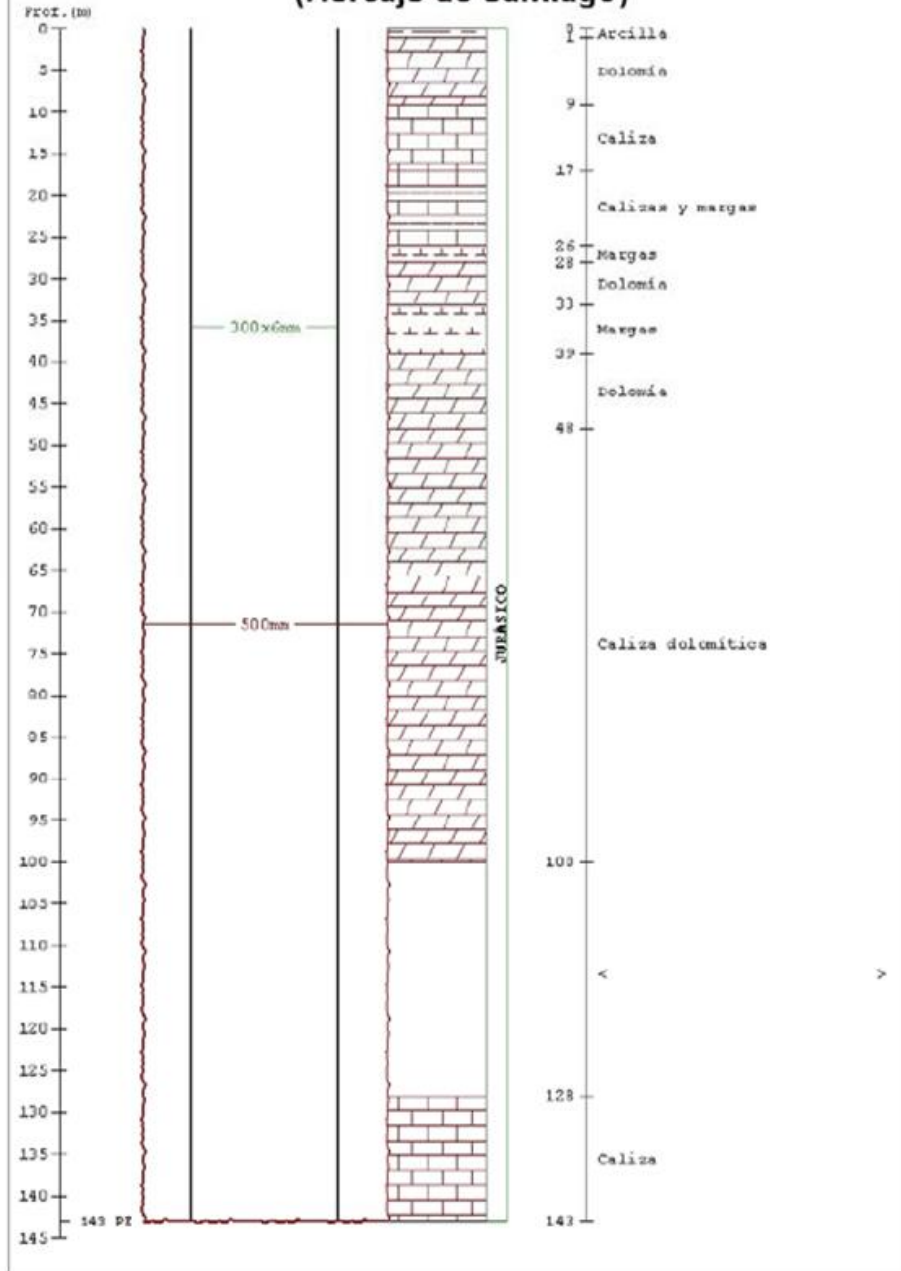
CROQUIS DE POZO ALMARCHA (Almarcha (La))



CROQUIS DE POZO LA ALMARCHA-3 (Almarcha (La))










CROQUIS DE POZO EL BATAN (Horcajo de Santiago)



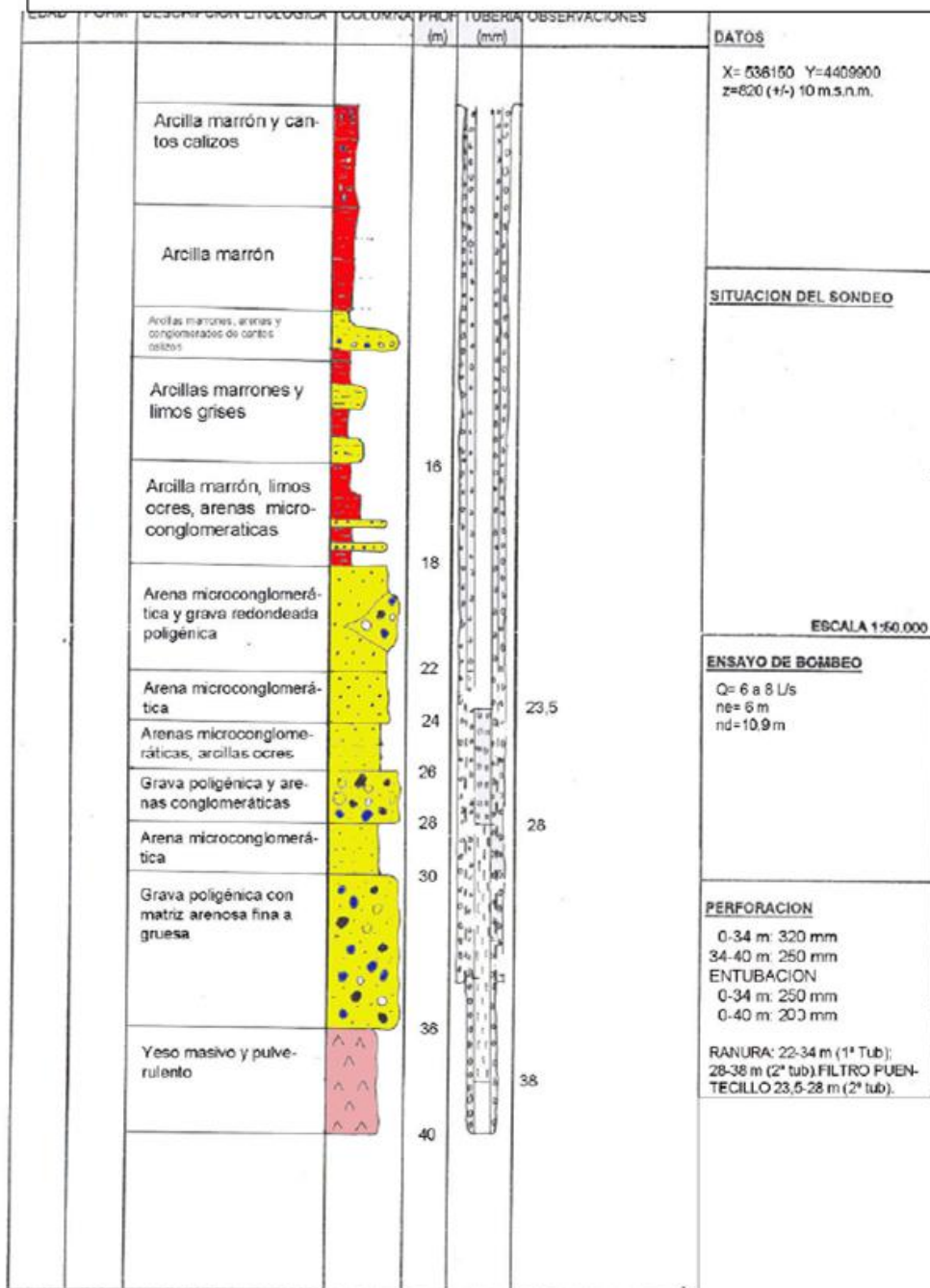
SONDEO CASALONGA-1

EDAD	FORM	DESCRIPCION LITOLOGICA	COLUMNA	PROF (m)	TUBERIA (mm)	OBSERVACIONES	DATOS
		Arenas medias y cantos		8			X= 535900 Y=4409000 z= 820 (+/-) 10 m s.n.m.
		Grava poligénica		15		Cantos de 0-3 cm	
		Grava poligénica		18		Cantos de 0-0,5 cm	SITUACION DEL SONDEO
		Arcilla negra		22			
		Grava poligénica		26		Cantos de 0-4 cm	
		Arcilla gris, yeso		36			
		Margas grises		42			ESCALA 1:50.000
		Margas grises, yesos caliza blanca		46			ENSAYO DE BOMBEO
		Atenuencia yesos y margas		50			Q= 3 a 1,5 L/s Prof. bombeo= 32 m ne= 8,7 m nd=26,6 m t= 24 horas
		Caliza blanca, yeso		54			
		Yeso microcristalino		58			
		Arcilla verde		62			ANALISIS QUIMICO
		Arcilla marrón, niveles grises, yeso		64			
		Arcilla ocre, gris		72			
		Arcilla marrón, yeso		74			
		Margas grises, yesos		76			
		Arcilla marrón		82			PERFORACION
		Arcilla ocre		84			0-30 m: 320 mm 30-134 m: 250 mm ENTUBACION 0-30 m: 250 mm 0-42 m: 200 mm
				92			

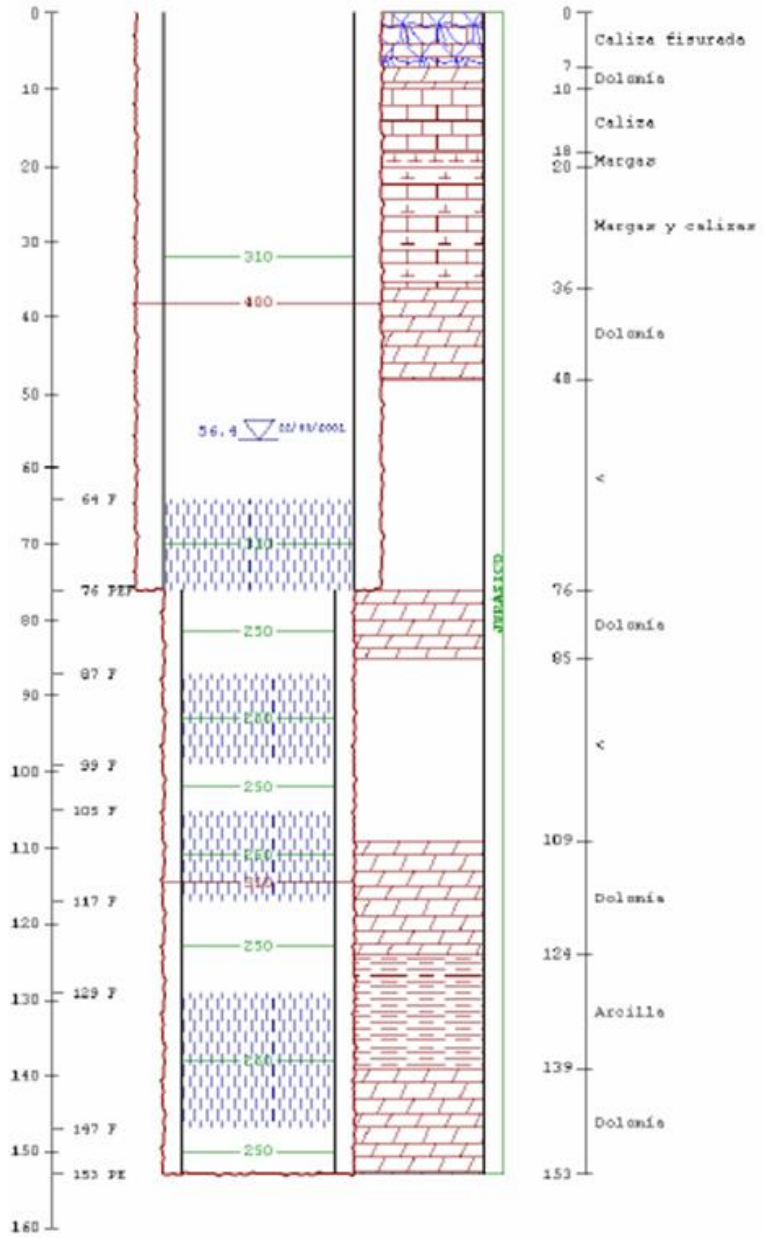
SONDEO CASALONGA-1 (continuación)

EDAD	FORM	DESCRIPCION LITOLÓGICA	COLUMNA	PROF (m)	TUBERÍA (mm)	OBSERVACIONES	DATOS
		Arcilla ocre		92			
		Arcilla ocre, gris, verde		102			
		Arcilla gris con ab yeso		108			<u>SITUACION DEL SONDEO</u>
		Margas grises, yeso		110			
		Arcilla ocre y gris-verdosa		112			
		Yeso microcristalino		130			
				134			ESCALA 1:50.000

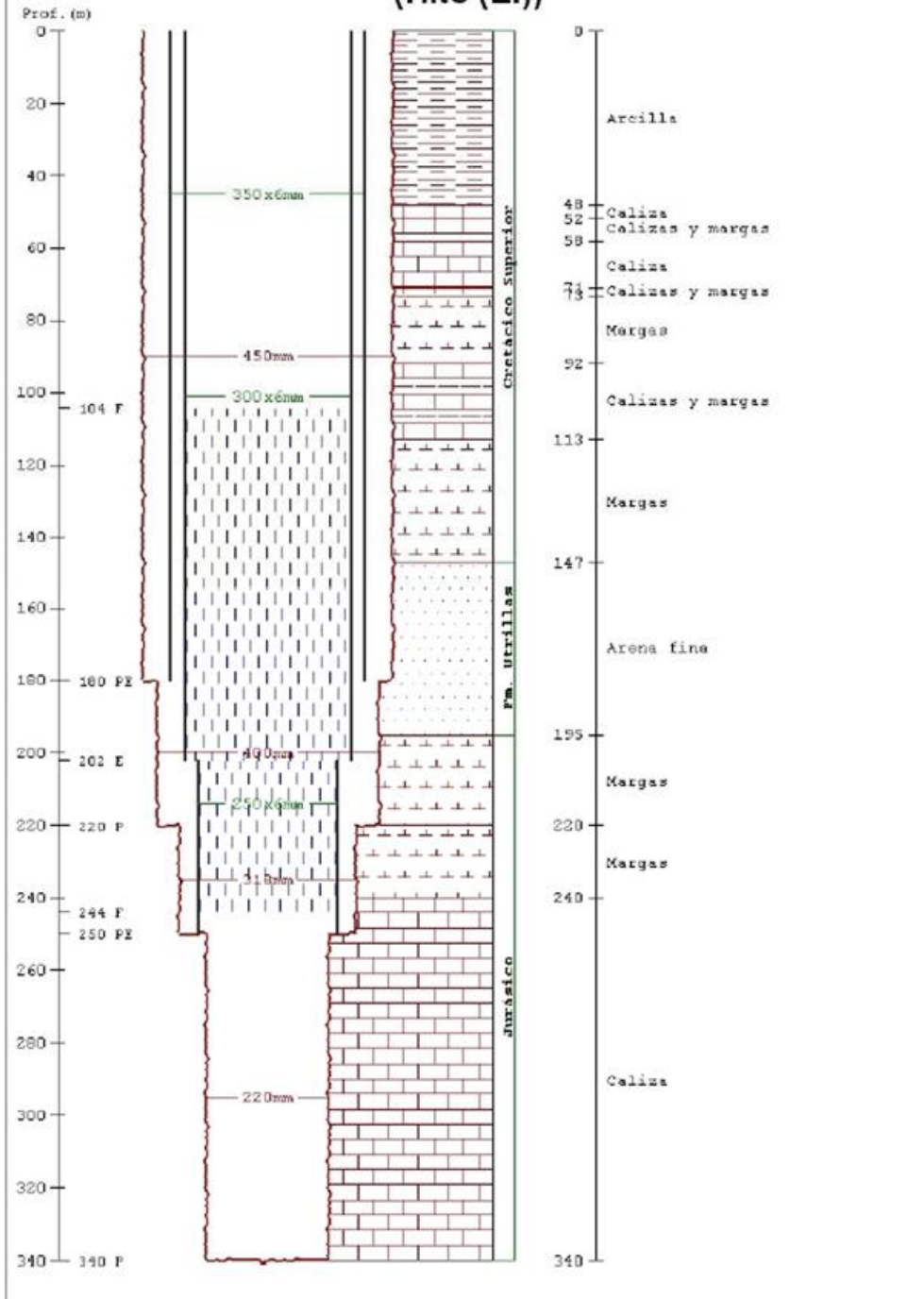
SONDEO CASALONGA 3



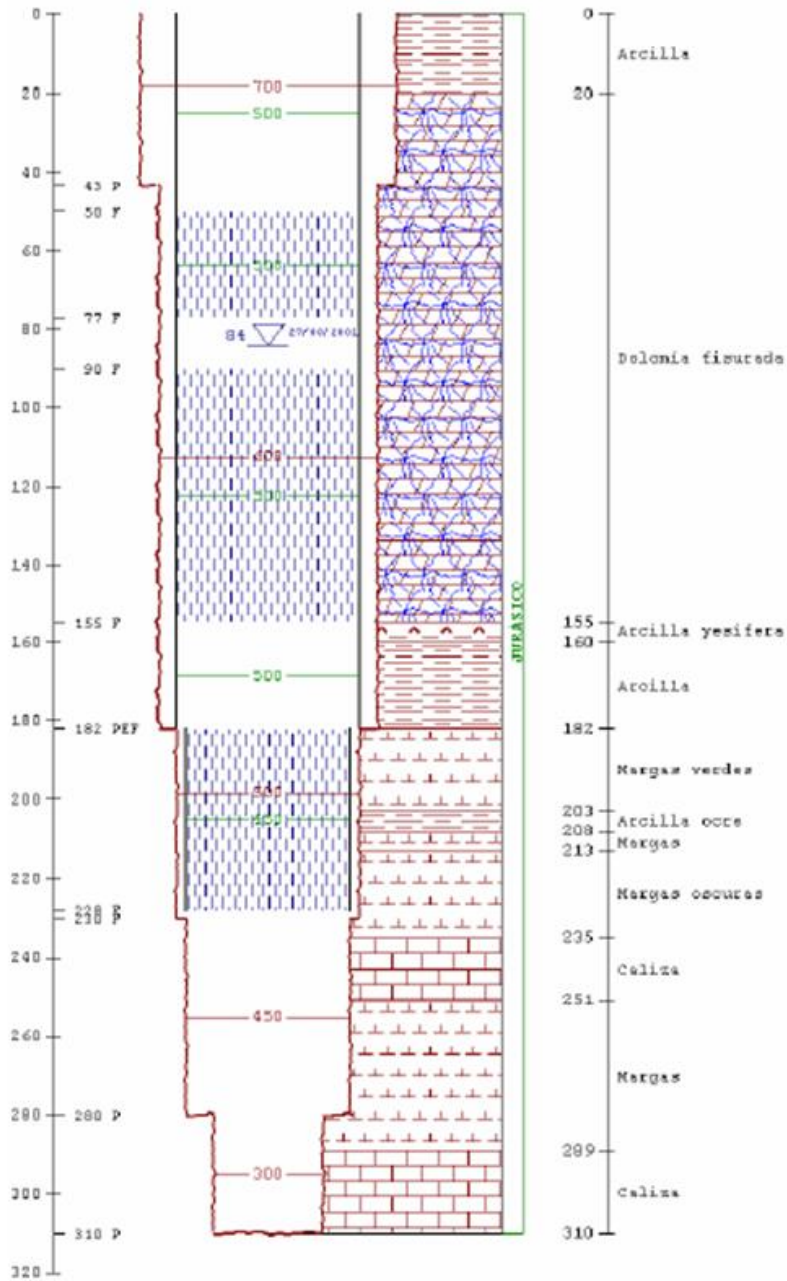
CROQUIS DE POZO CERVALERAS 2 (Villamayor de Santiago)



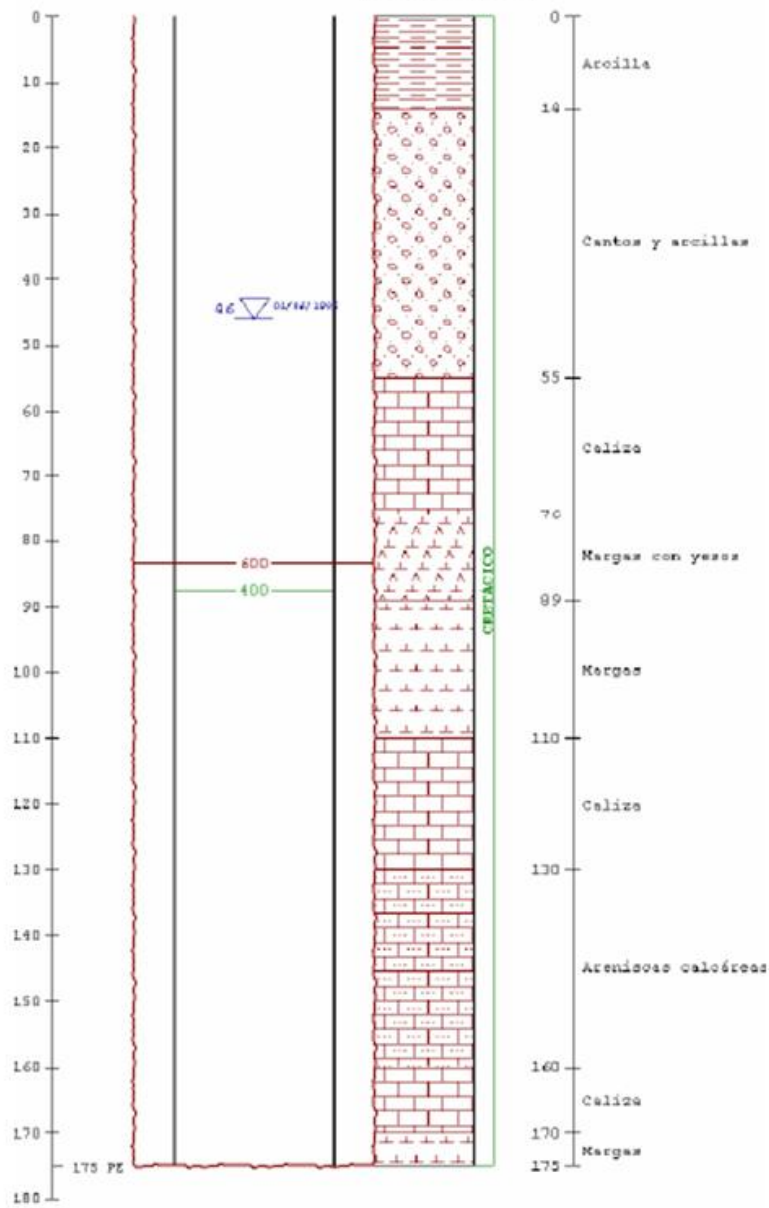
CROQUIS DE POZO EL HITO (Hito (EI))



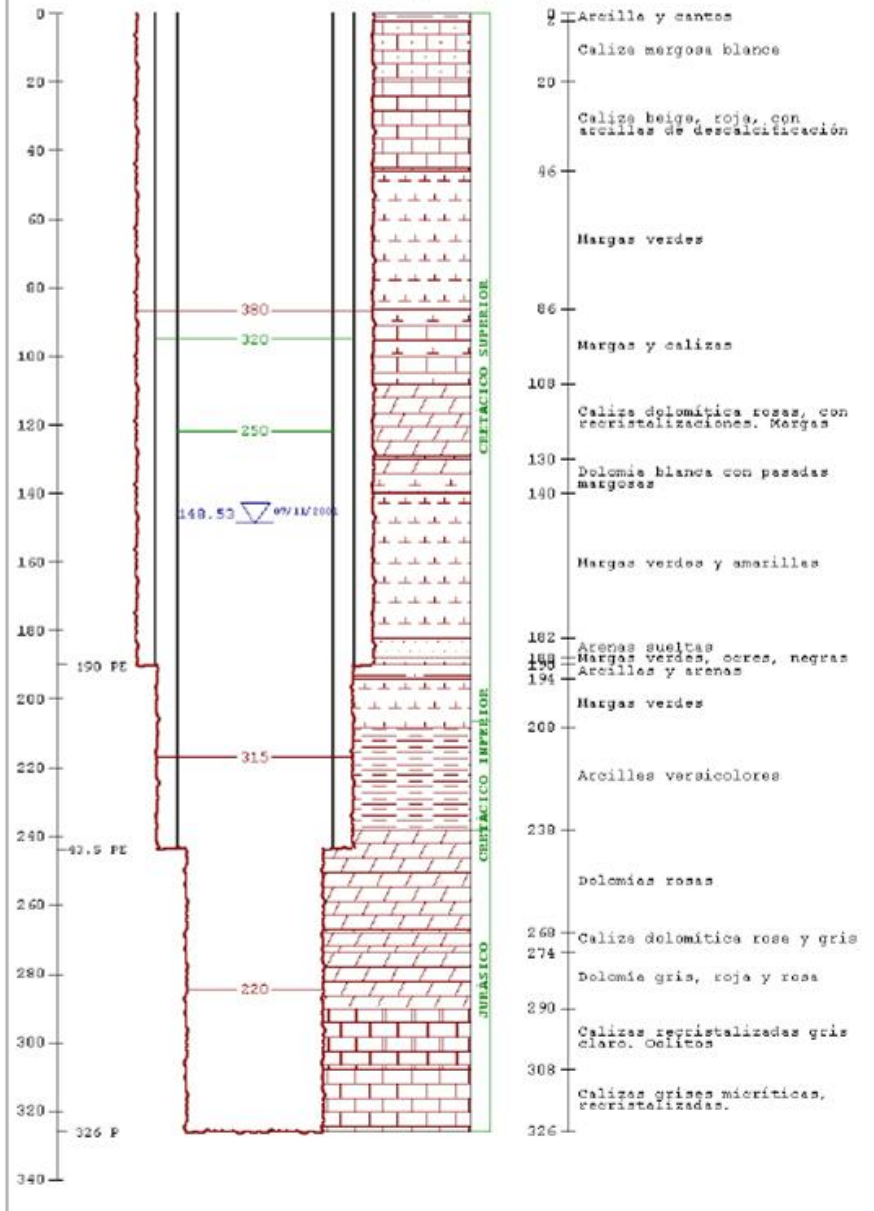
CROQUIS DE POZO EL MARAÑAR (Belmonte)



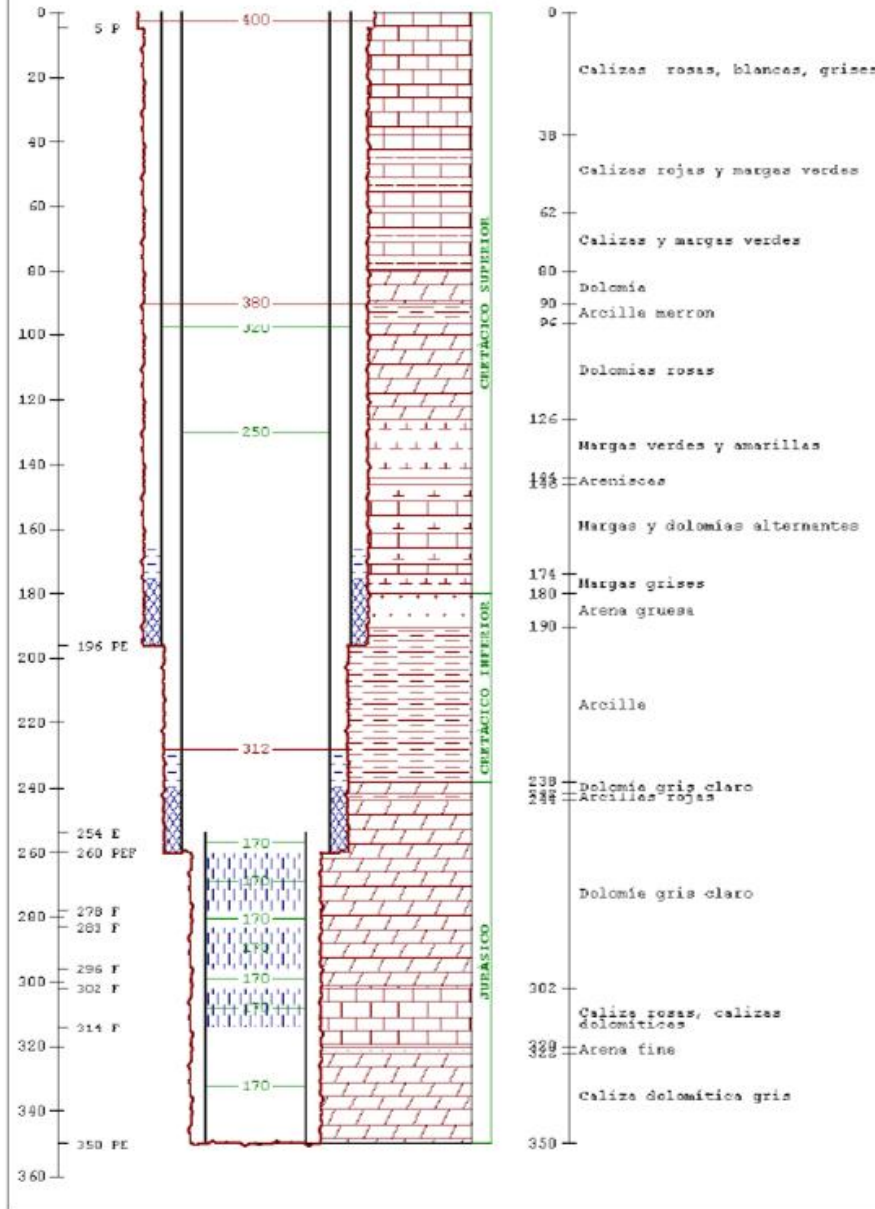
CROQUIS DE POZO EL NACIMIENTO (Belmonte)



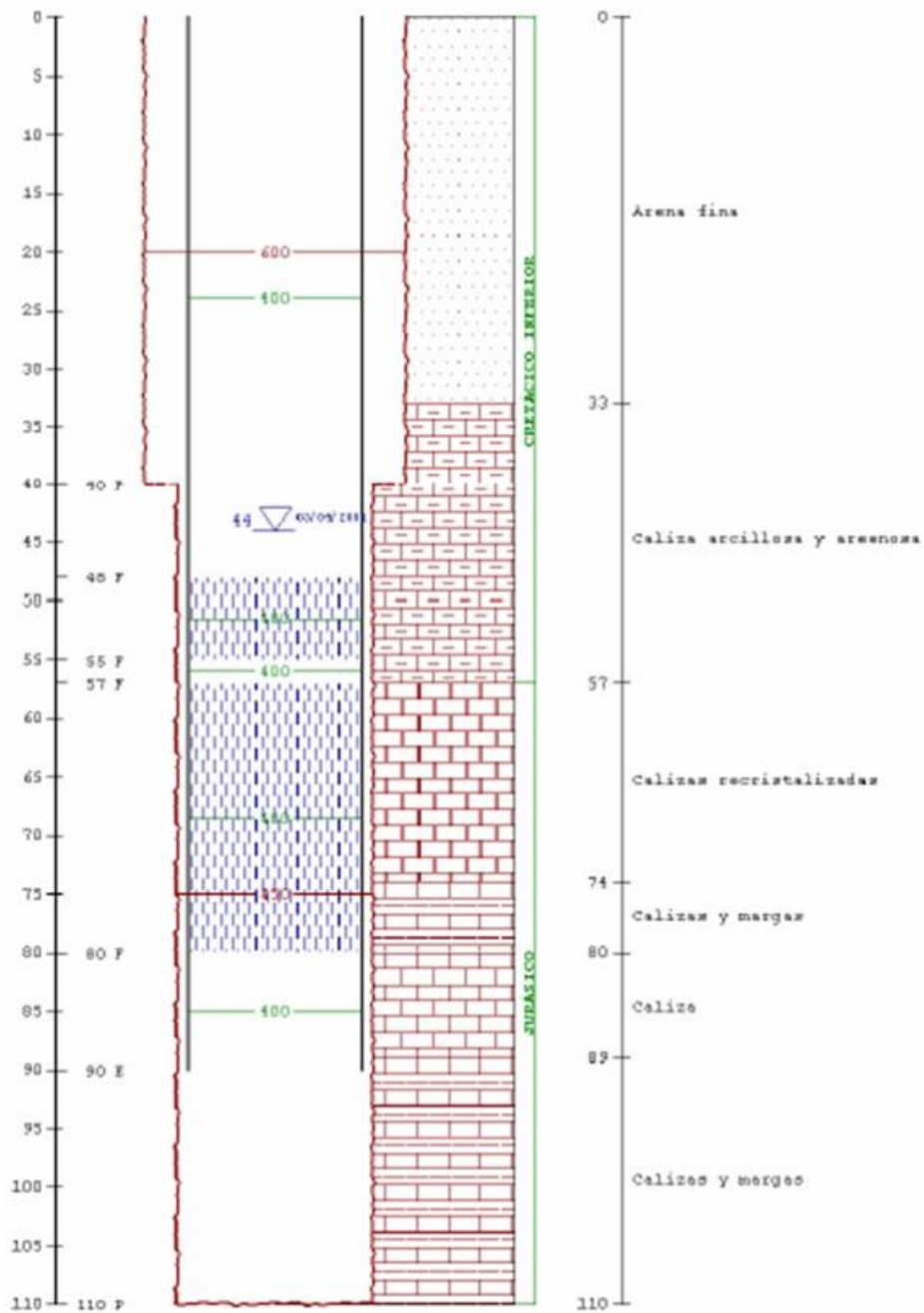
**CROQUIS DE POZO
HINOJOSA III
(Hinojosa (La))**



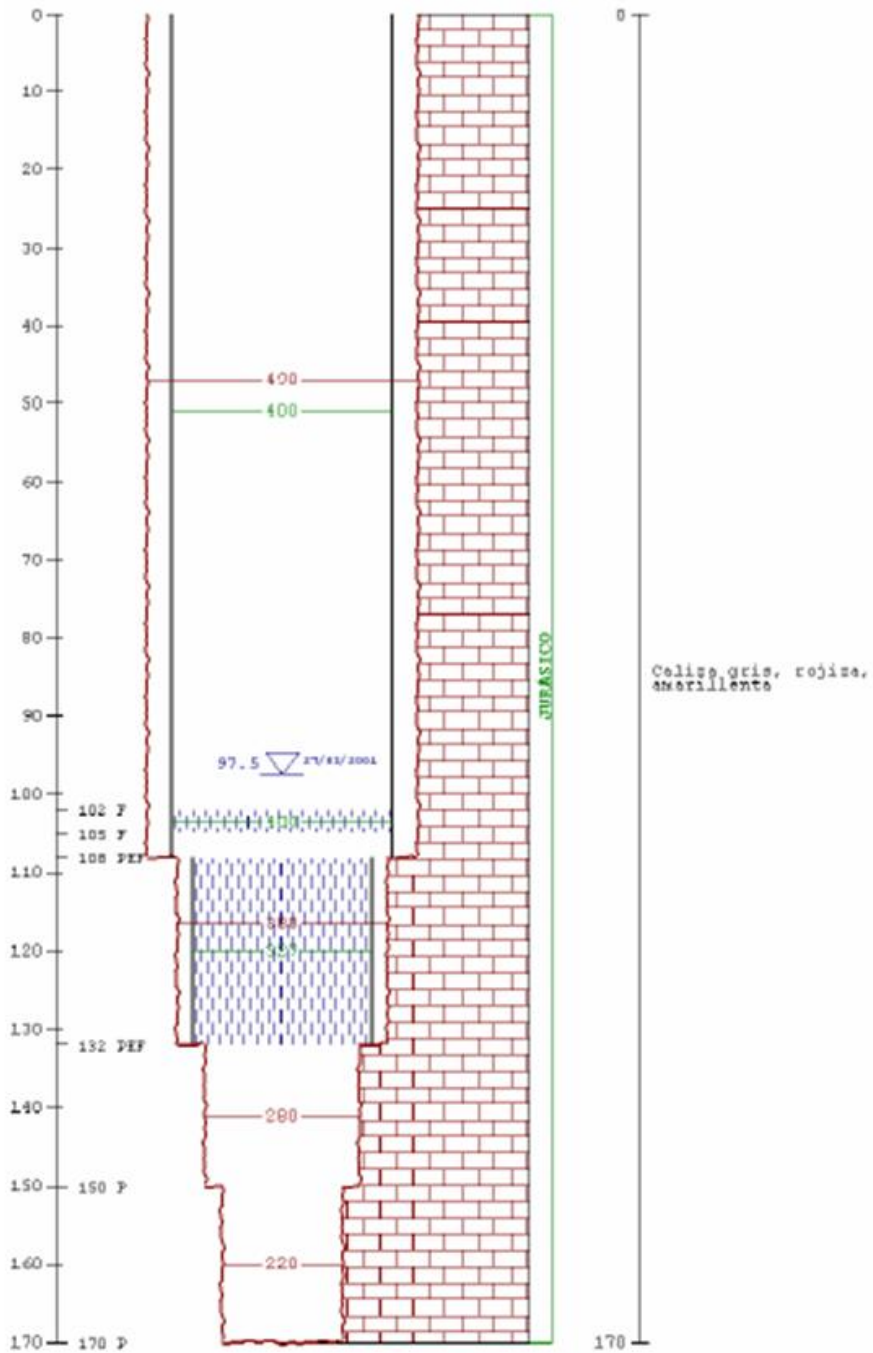
CROQUIS DE POZO HINOJOSA IV (Hinojosa (La))



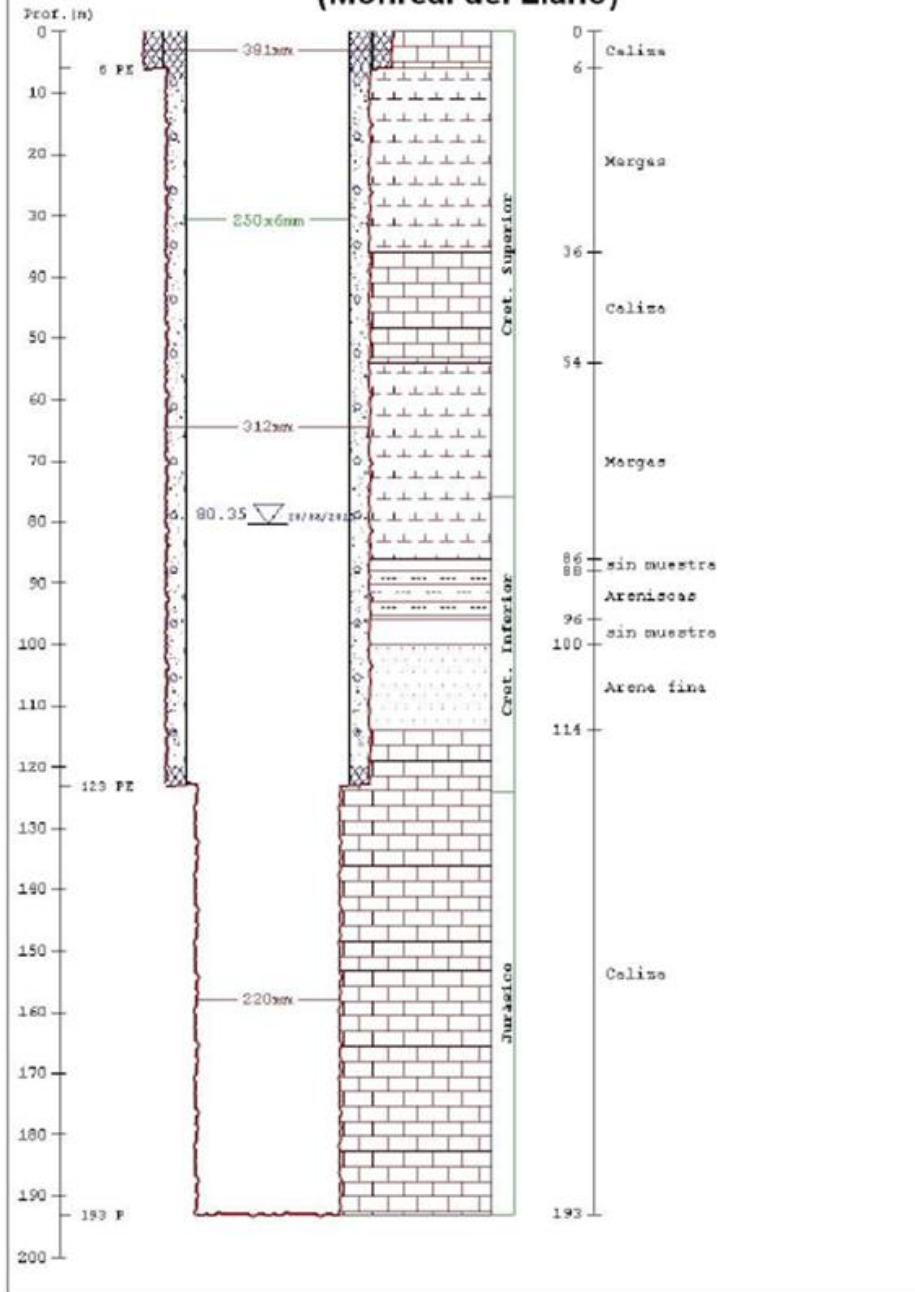
CROQUIS DE POZO LAS CANTERAS (Pedroñeras (Las))



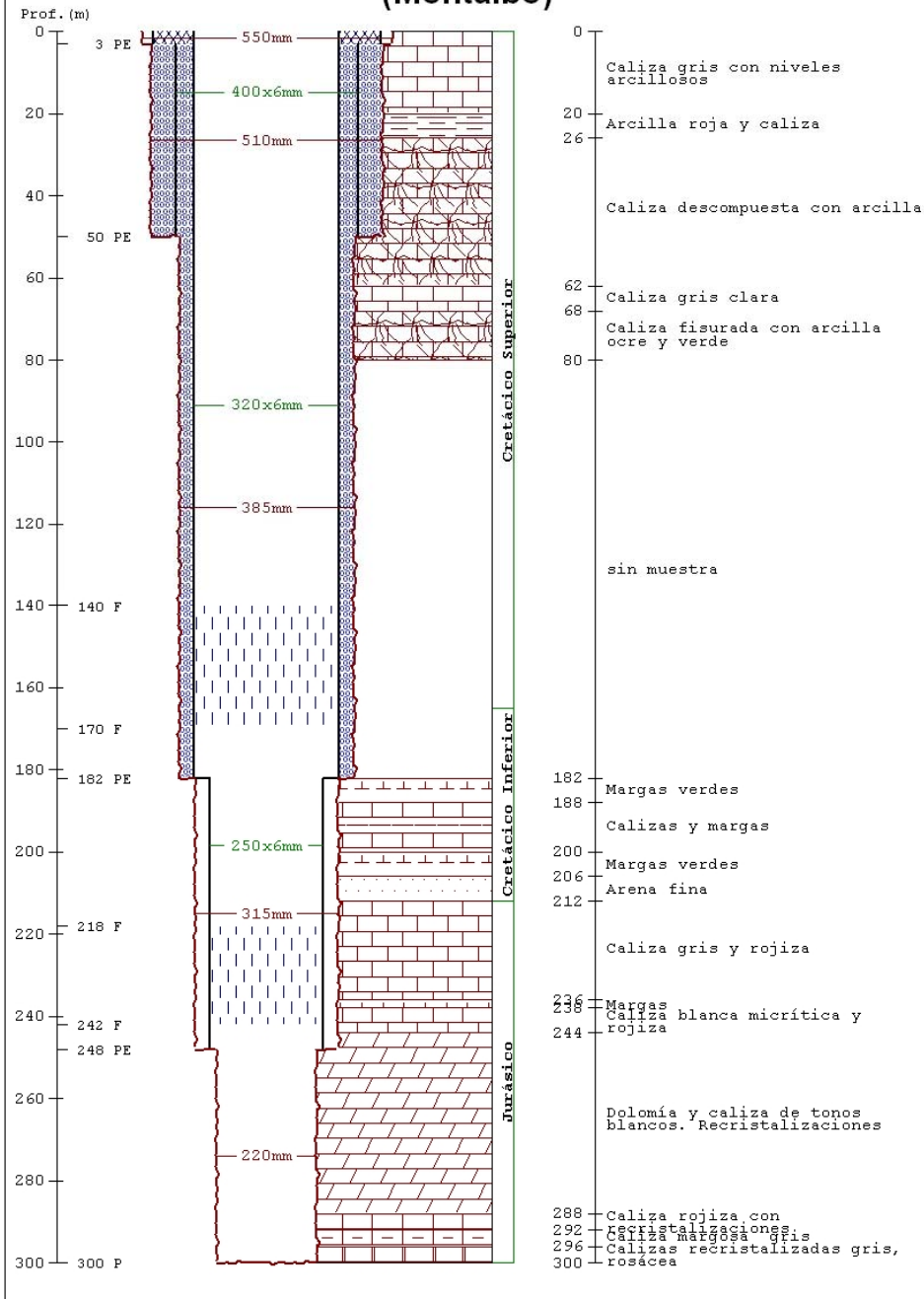
CROQUIS DE POZO LOS ALMIRONES (Mota del Cuervo)



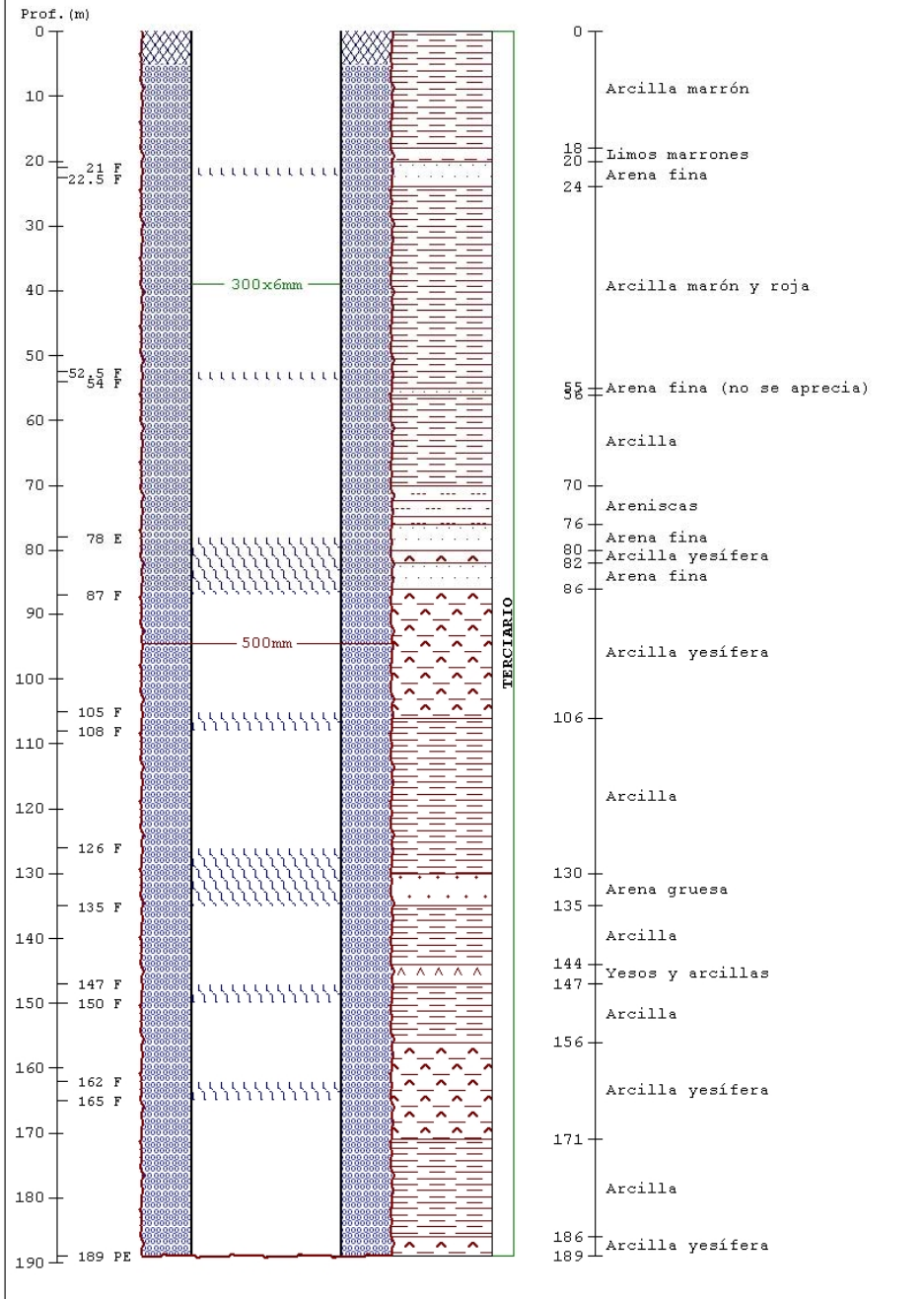
CROQUIS DE POZO MONREAL-1 (Monreal del Llano)



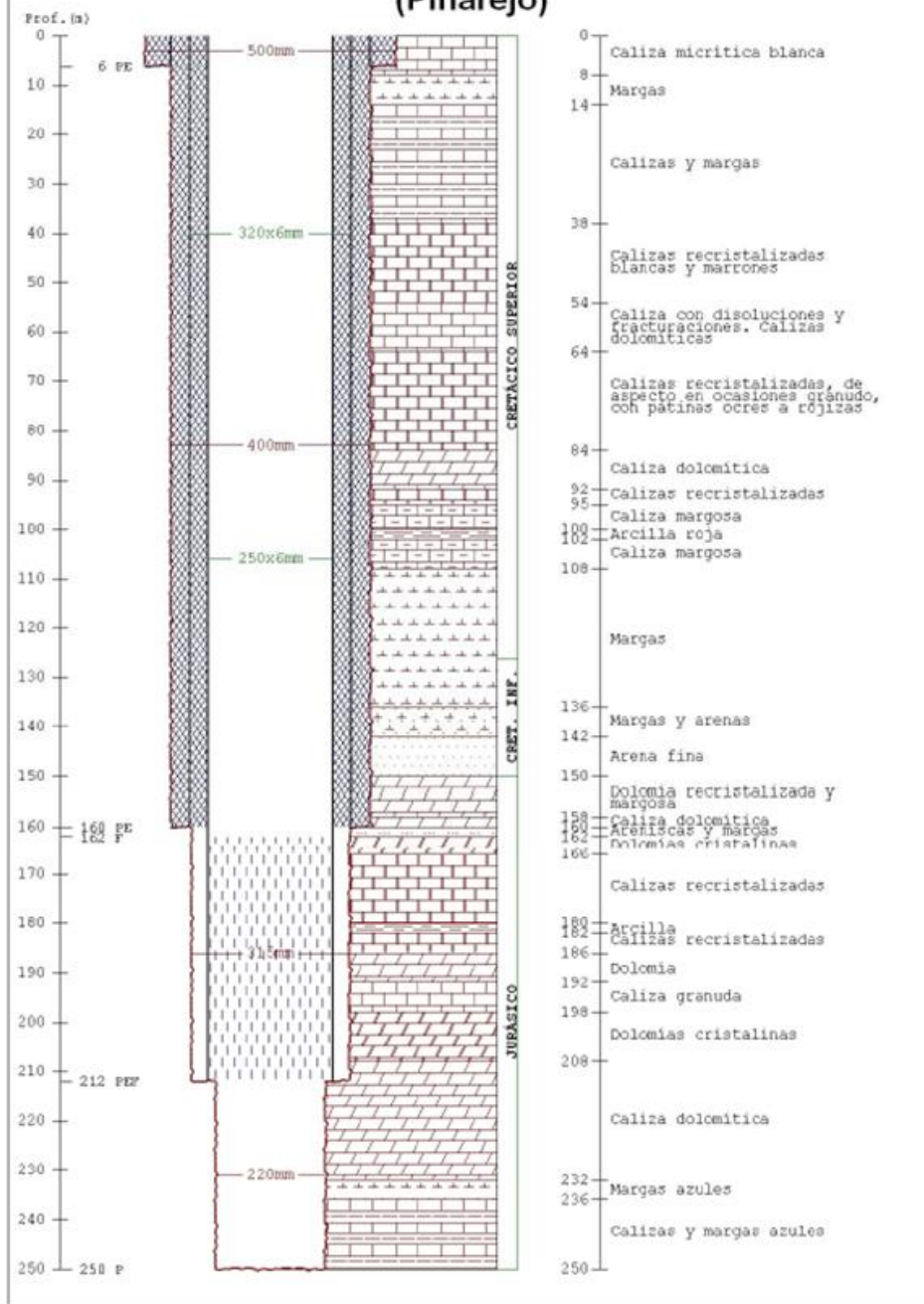
CROQUIS DE POZO MONTALBO 2 (Montalbo)



CROQUIS DE POZO MONTALBO 3

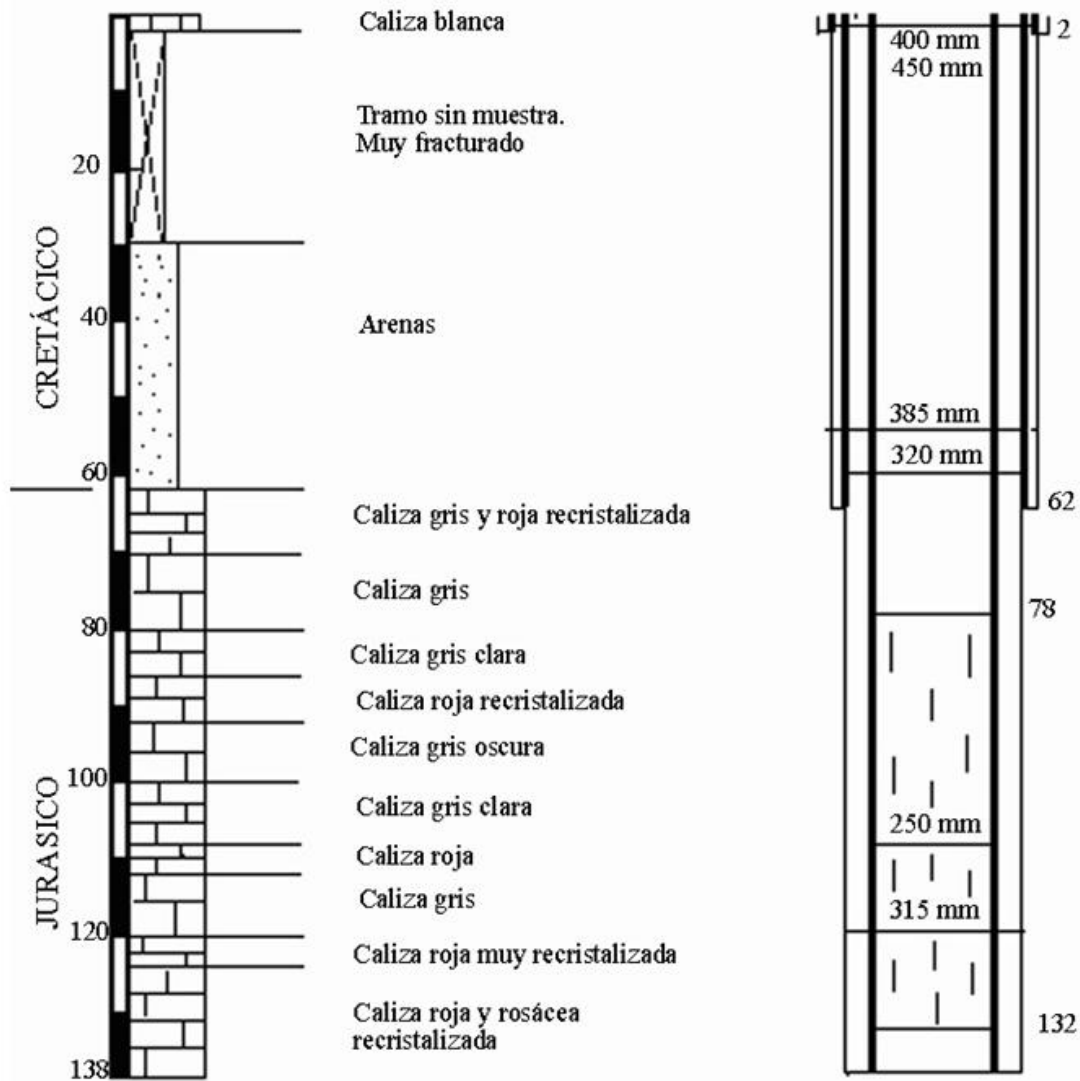


CROQUIS DE POZO PINAREJO-1 (Pinarejo)

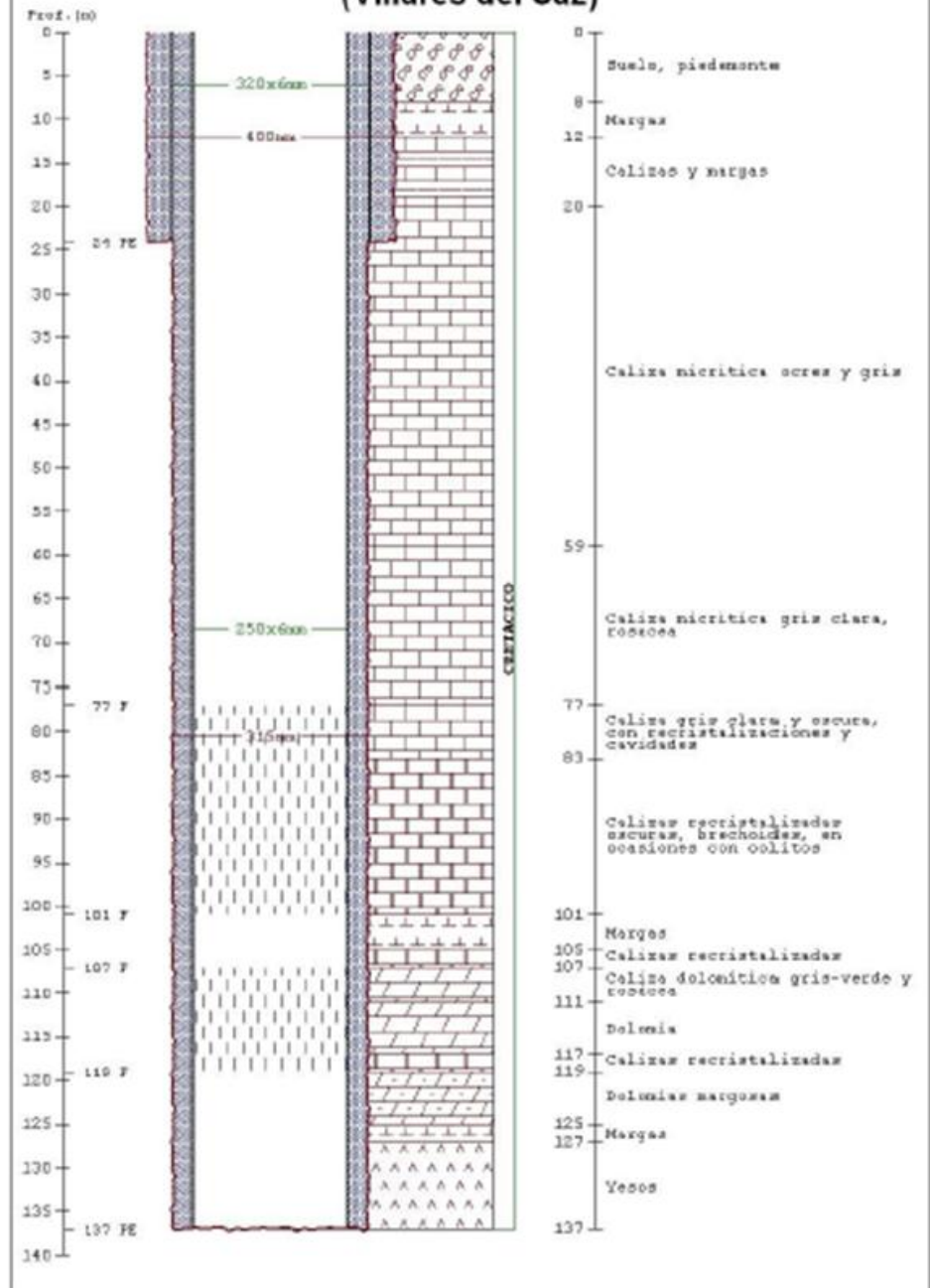


SONDEO SANTA MARÍA DE LOS LLANOS 2

Coordenadas X: 517450 **Y:** 4372100 **Z:** 720 m s.n.m.
Método de perforación: Rotopercusión



CROQUIS DE POZO VILLARES DEL SAZ (Villares del Saz)



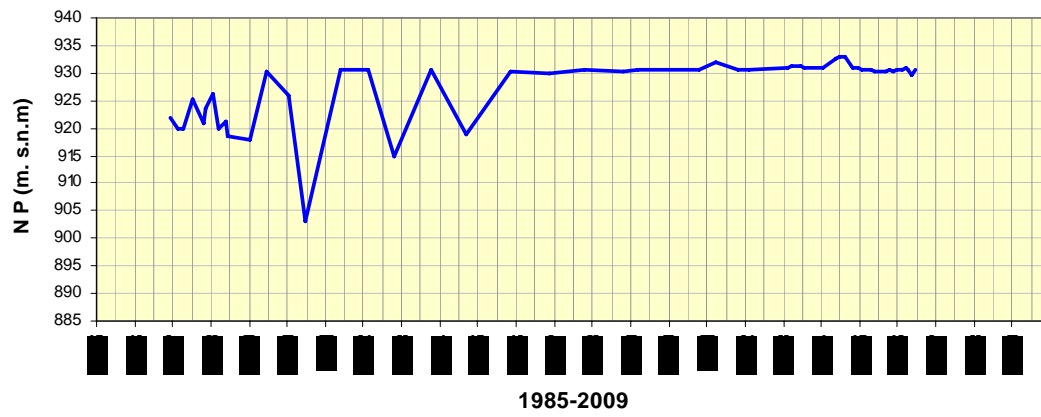
ANEXO 2

Gráficos de evolución piezométrica

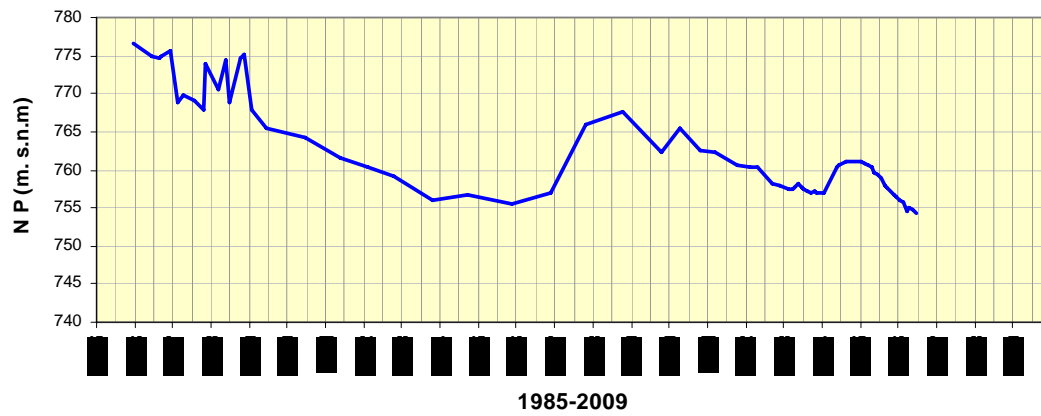
- . Red piezométrica controlada por CHG**
- . Red piezométrica controlada por IGME**

. Red piezométrica controlada por CHG

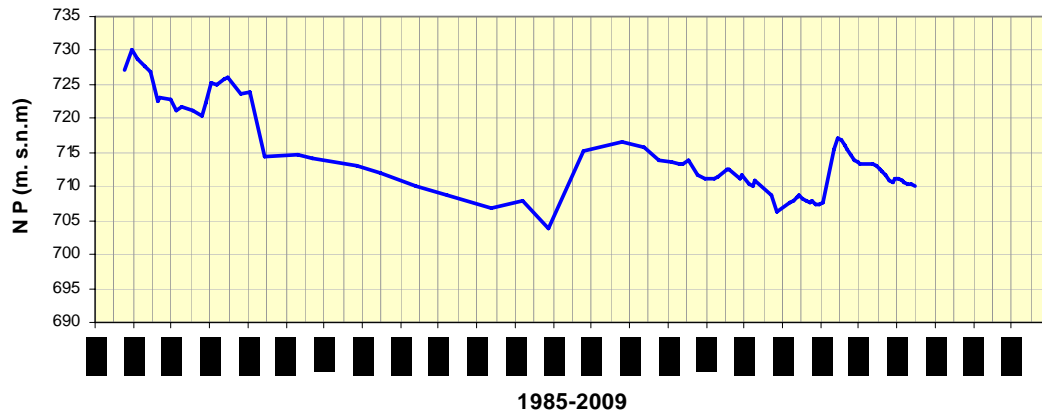
04.01.001



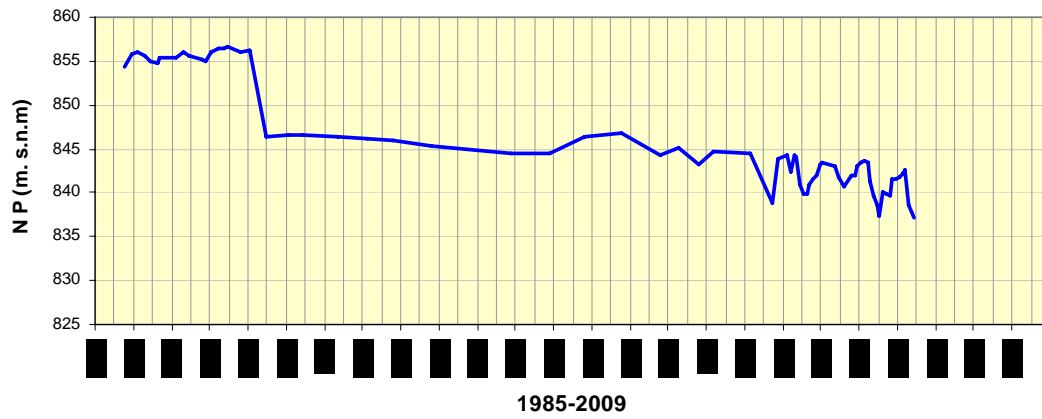
04.01.002



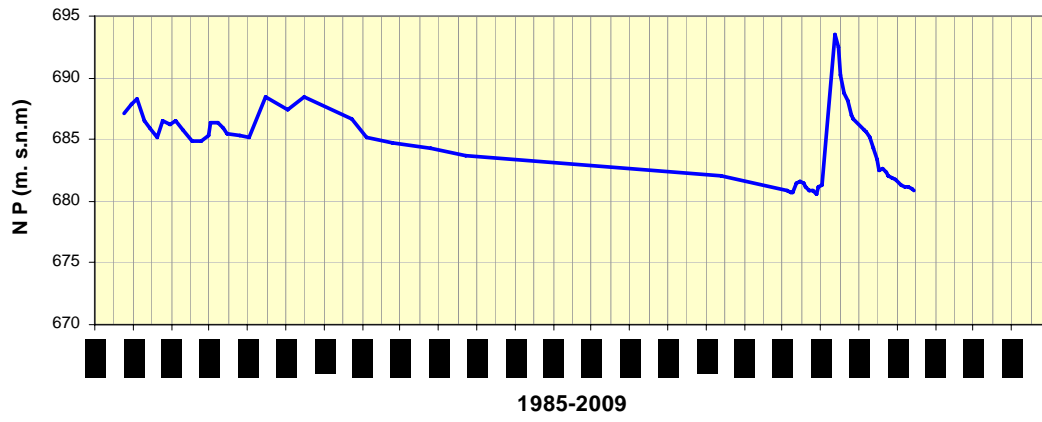
04.01.003



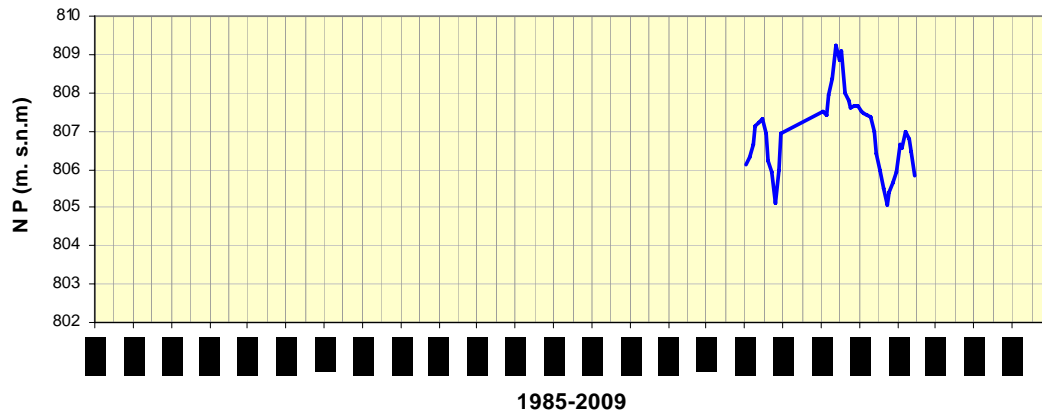
04.01.005



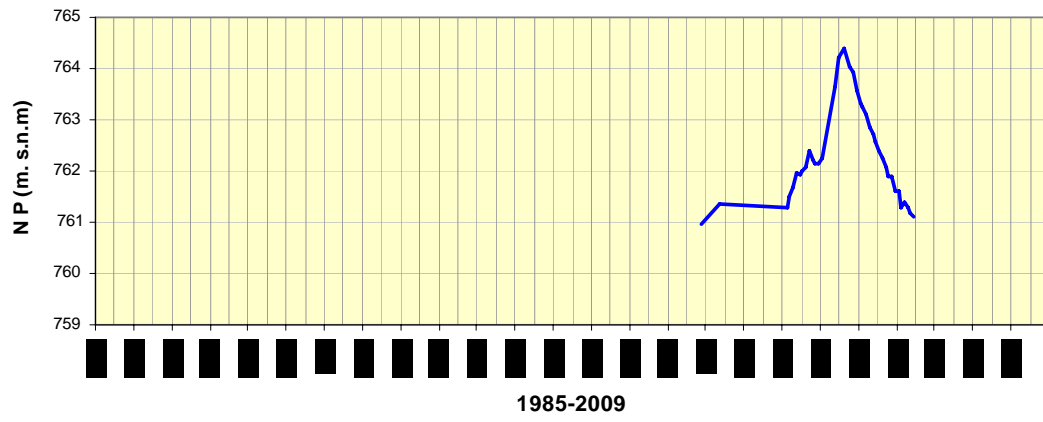
04.01.006



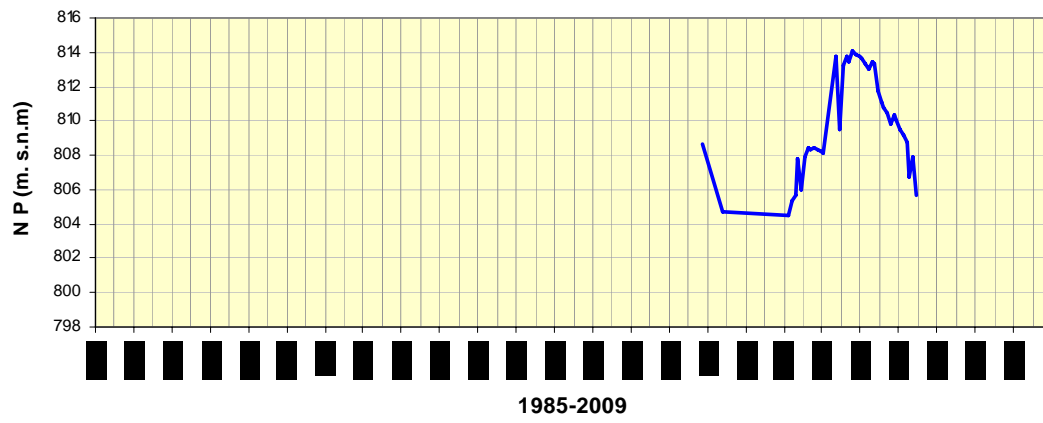
04.01.007



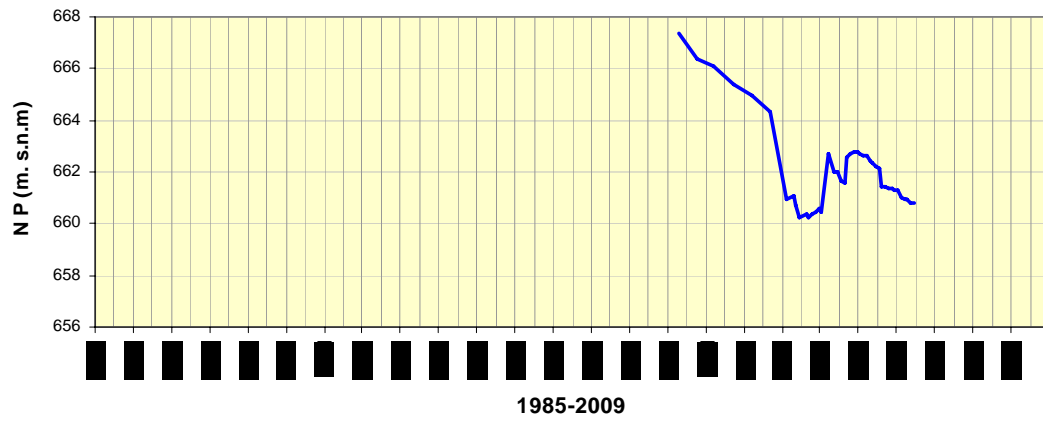
04.01.008



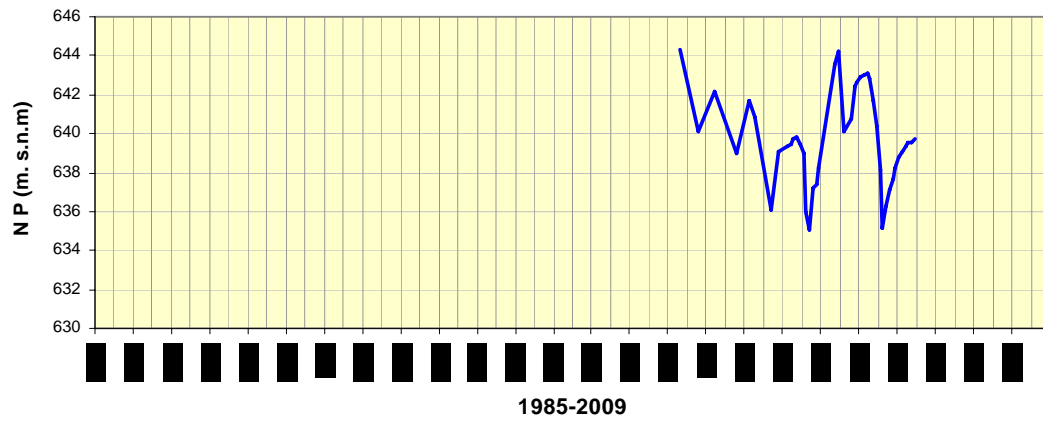
04.01.009



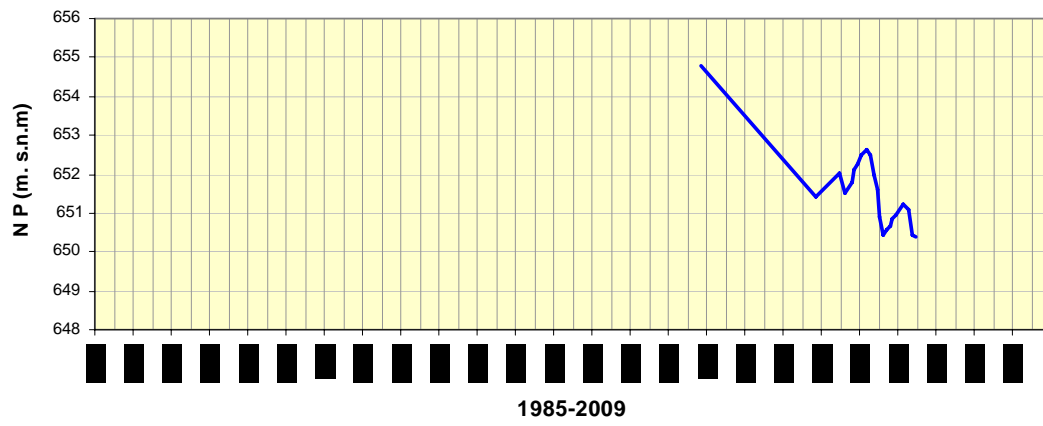
04.01.010



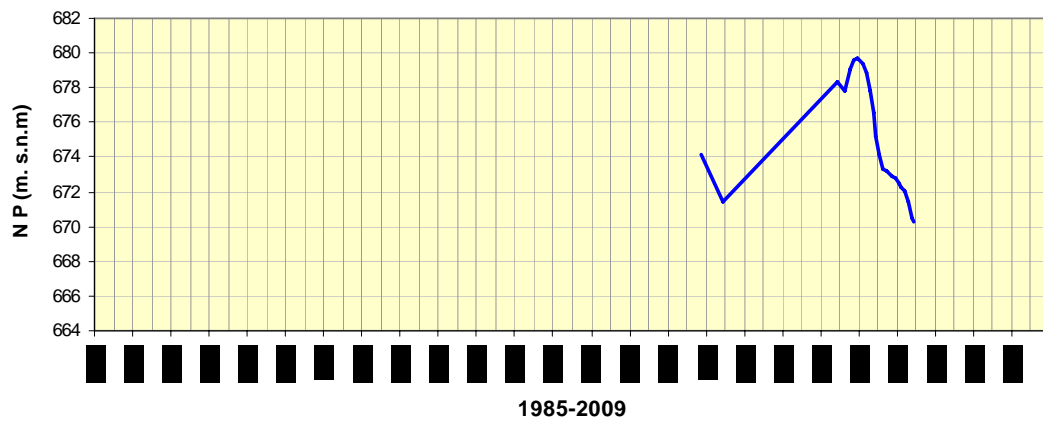
04.01.011



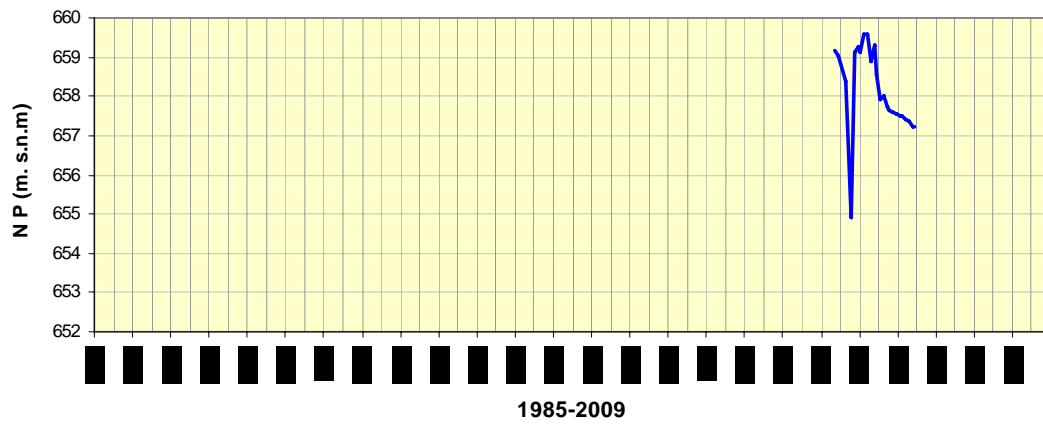
04.01.012



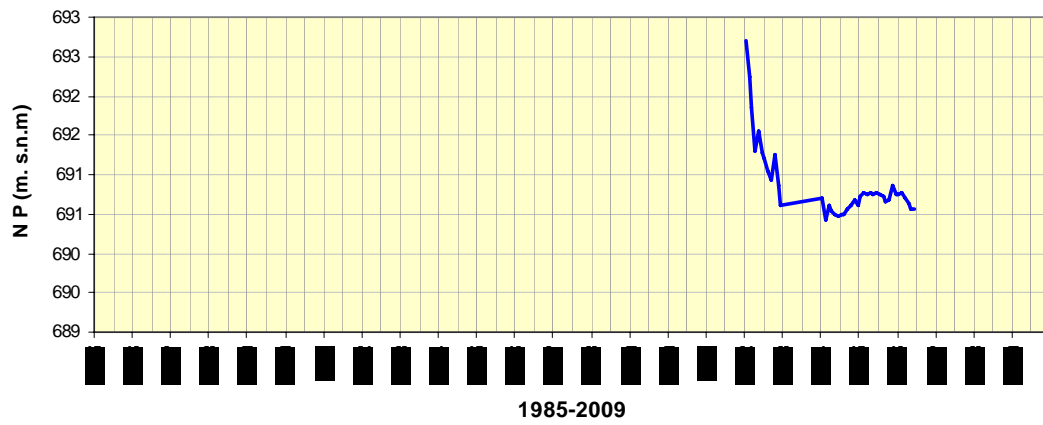
04.01.013



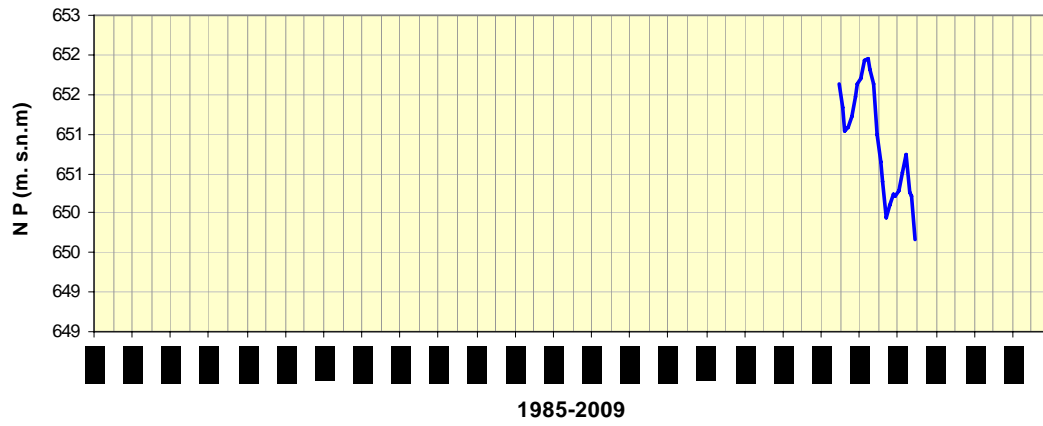
04.01.014



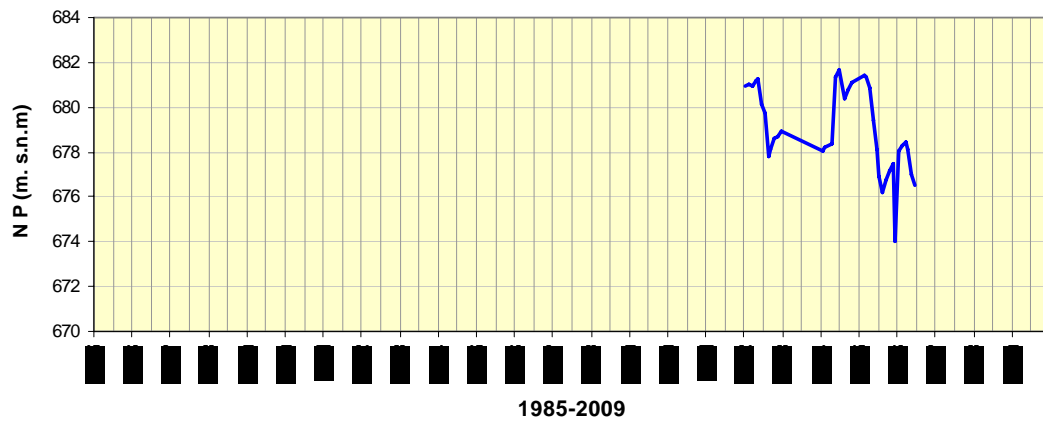
04.01.015



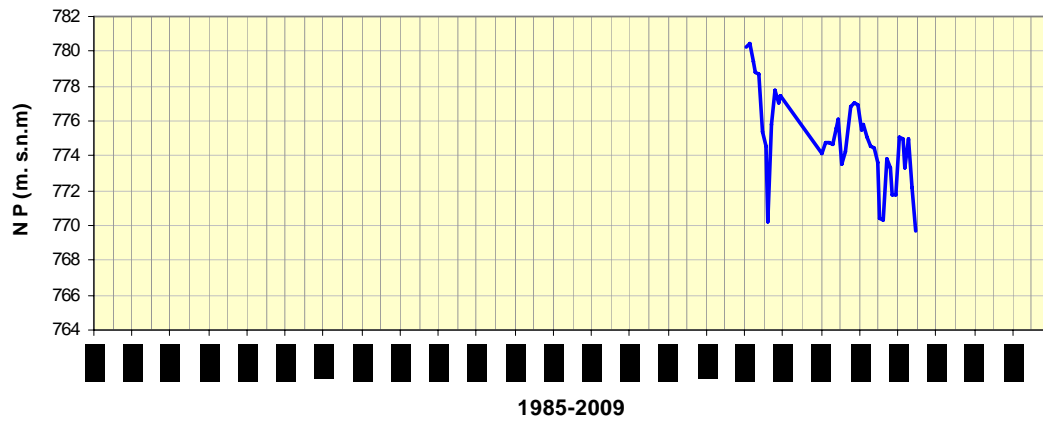
04.01.016



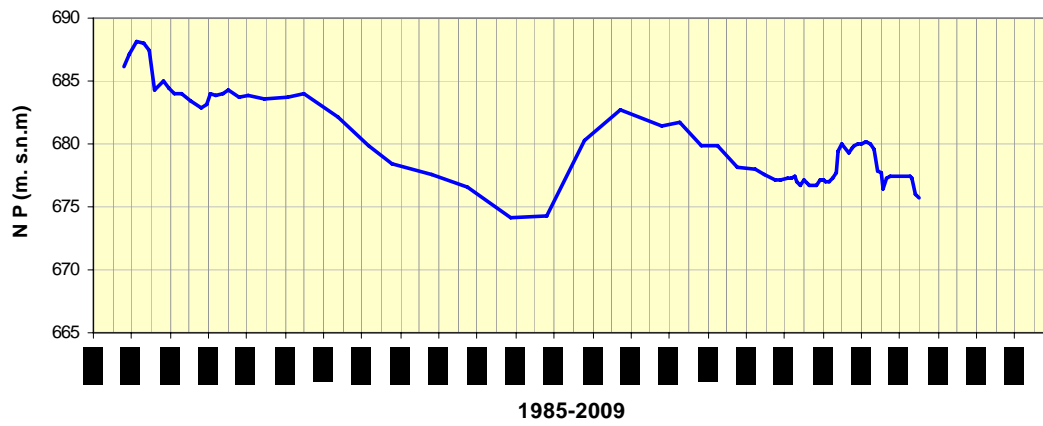
04.01.017



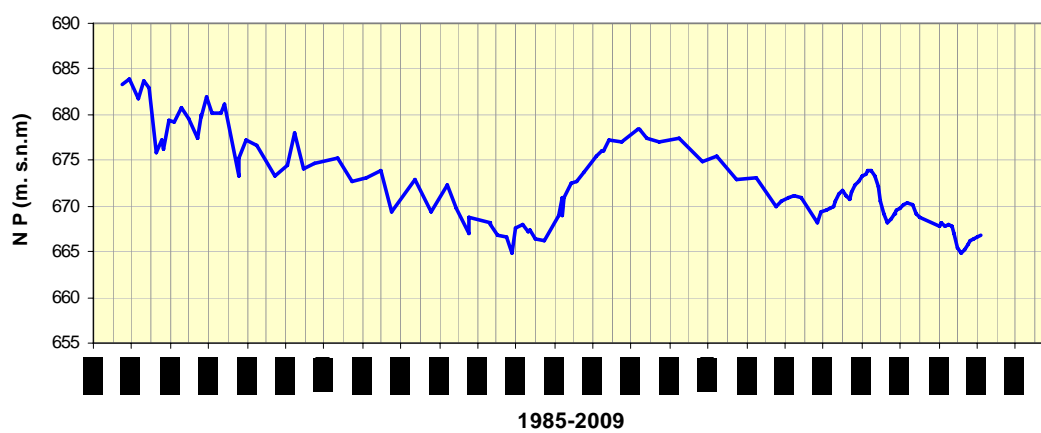
04.01.018



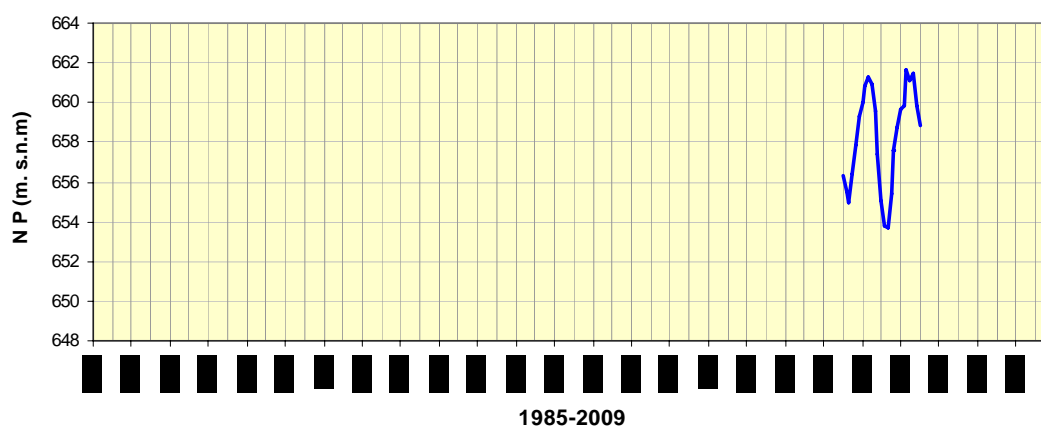
04.04.010



04.04.025

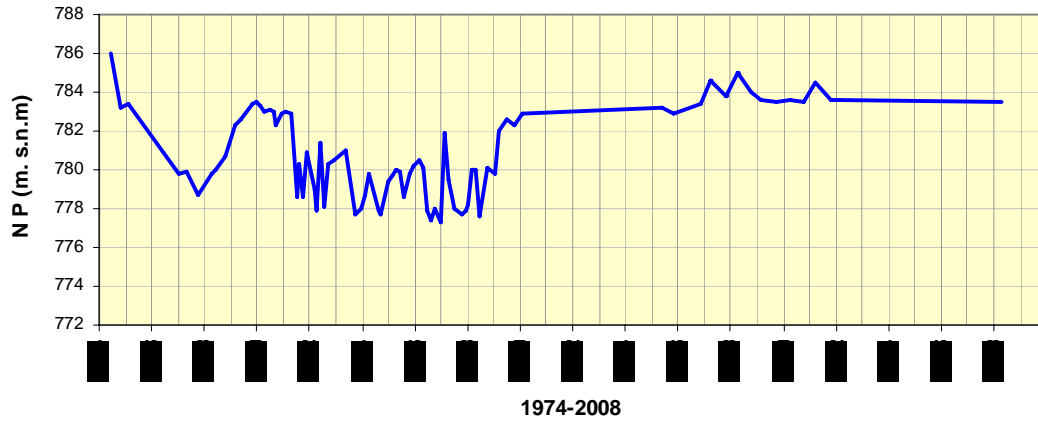


04.04.044

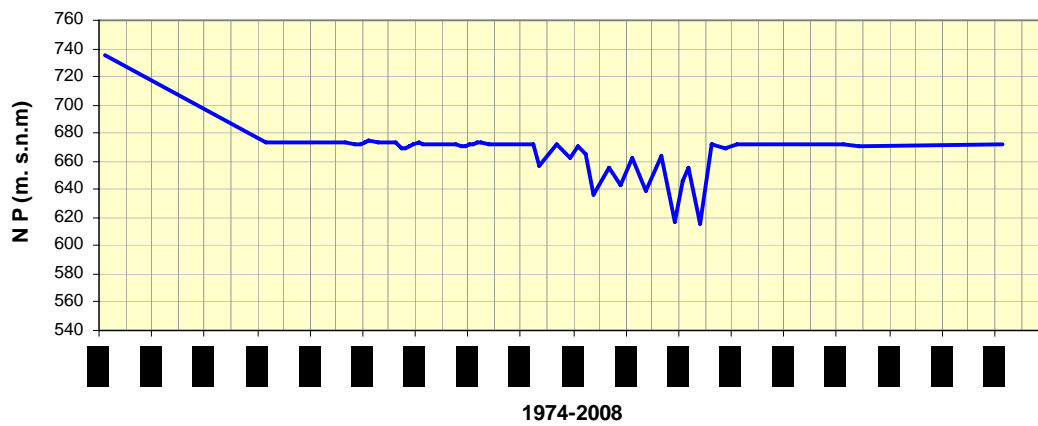


. Red piezométrica controlada por IGME

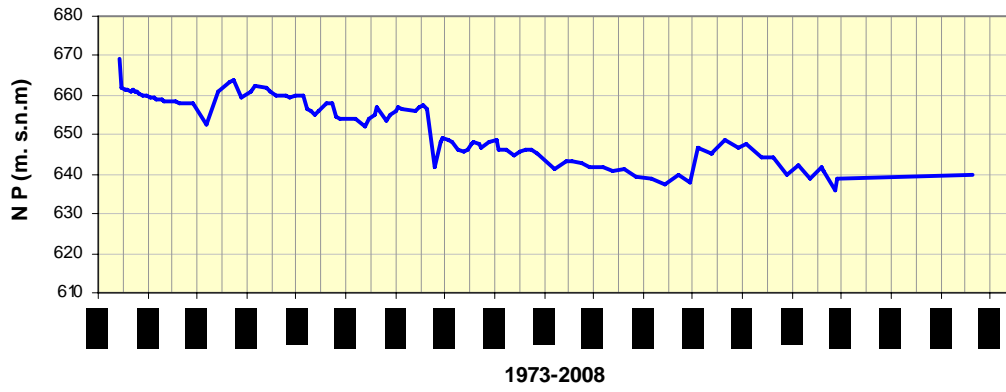
212640004



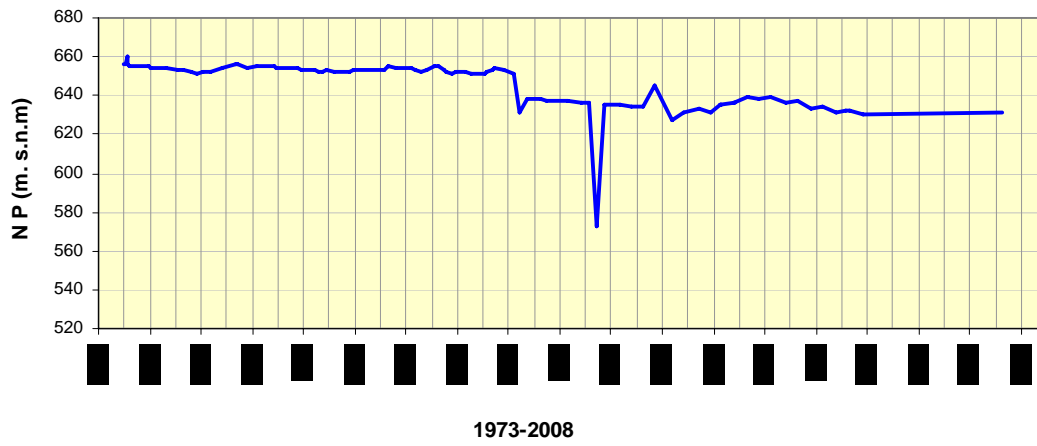
212780002



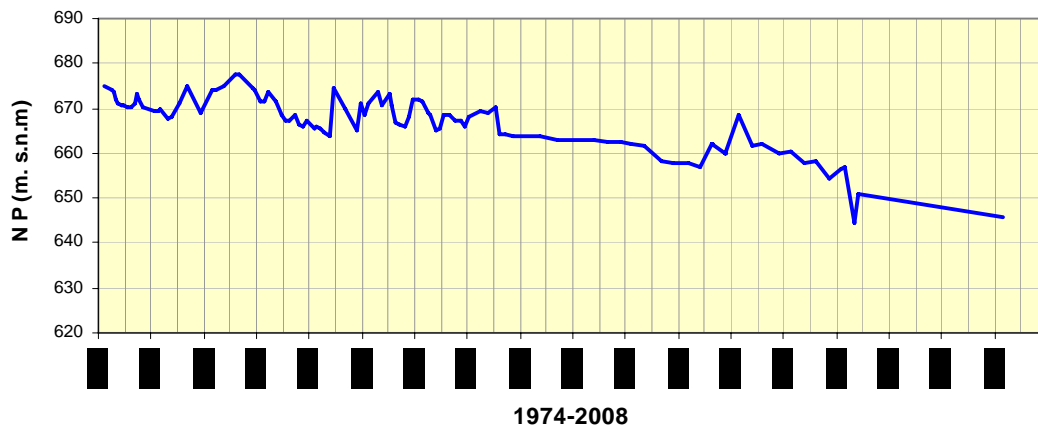
212820002



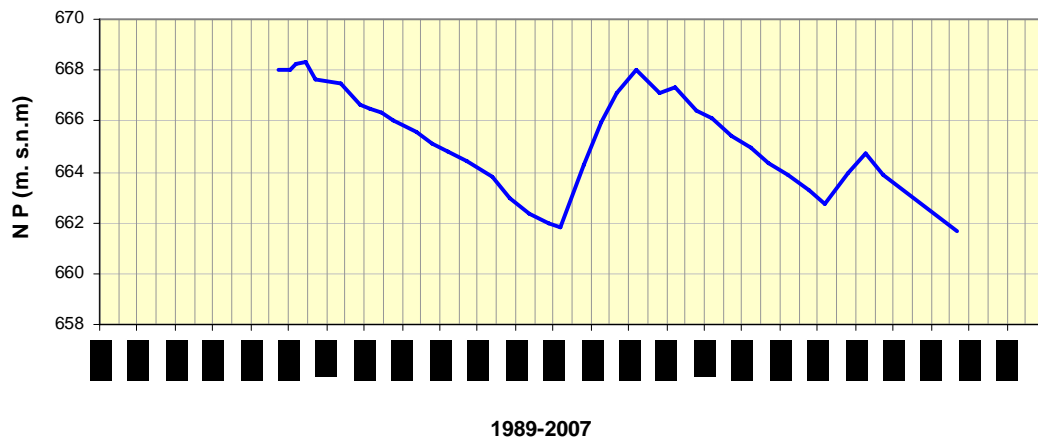
212820003



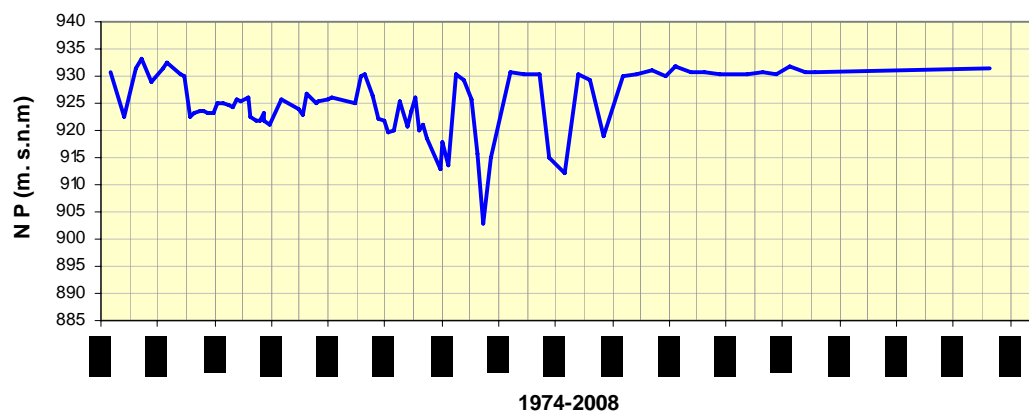
212830006



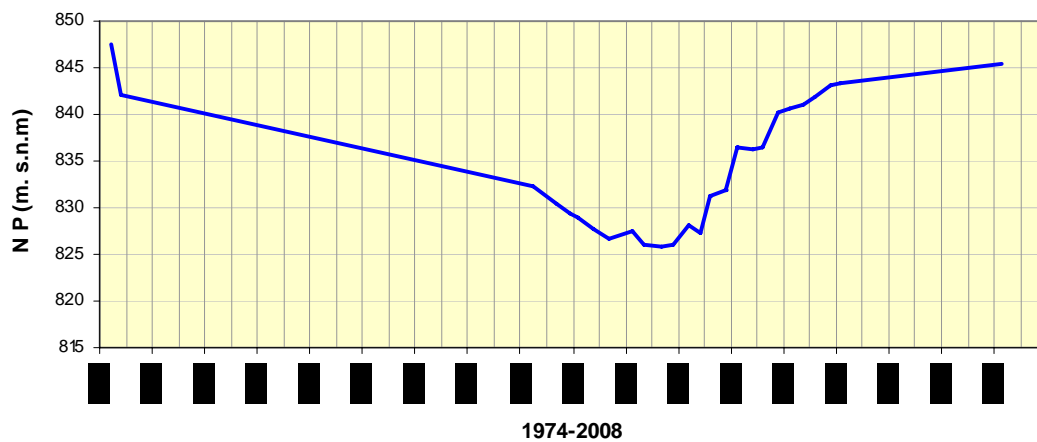
212840009



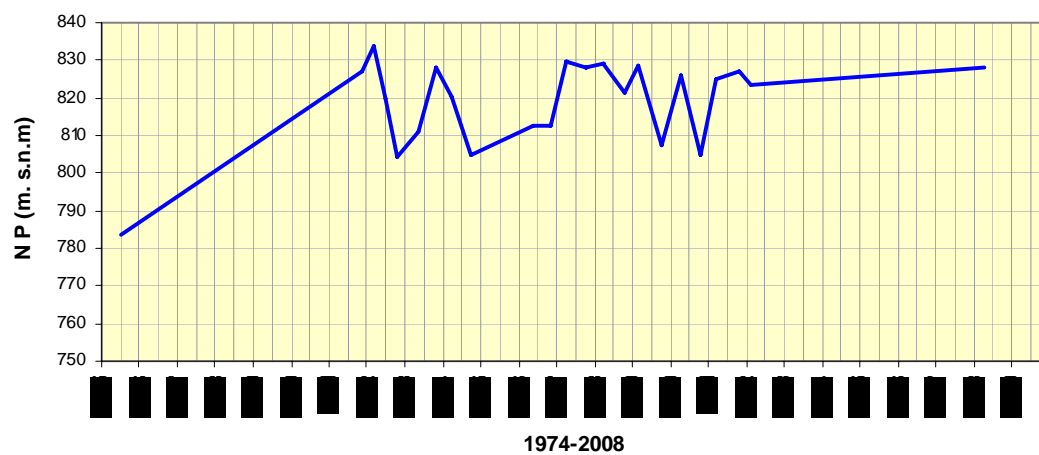
222410002



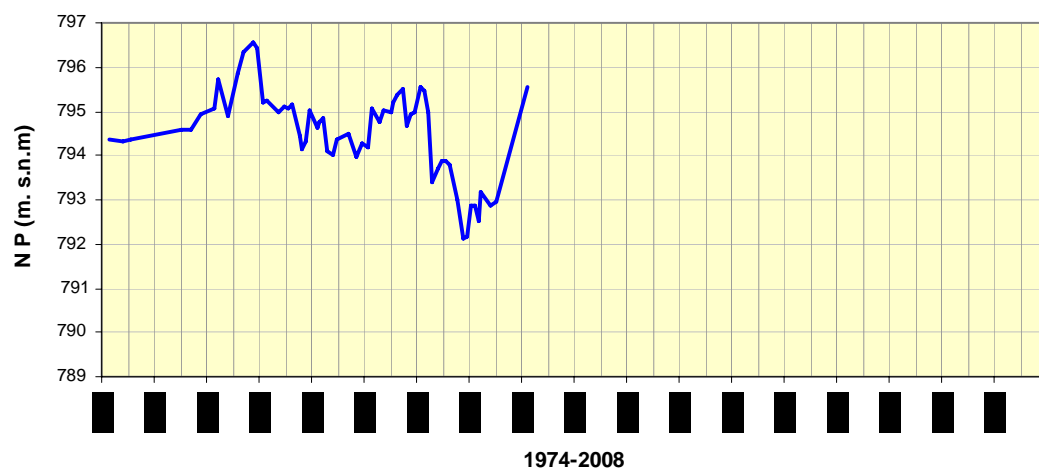
222610001



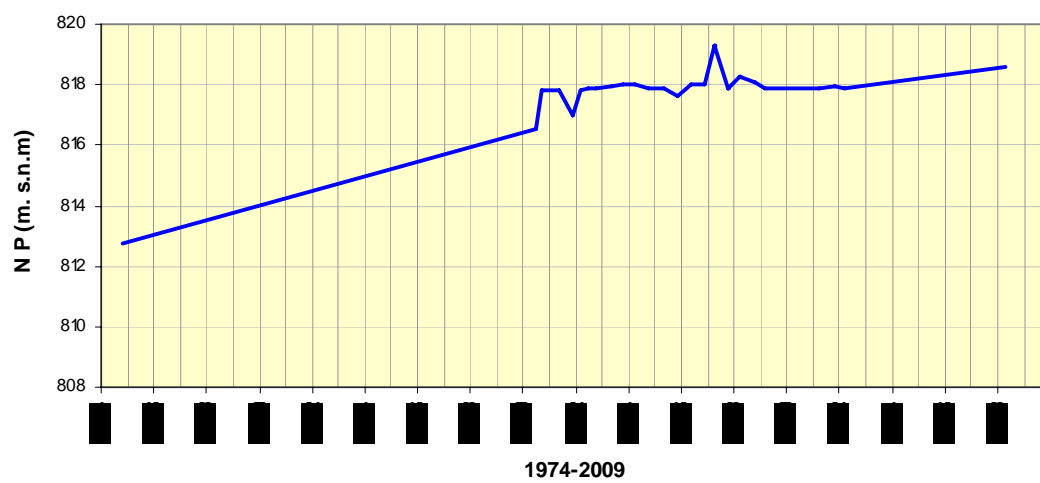
222670019



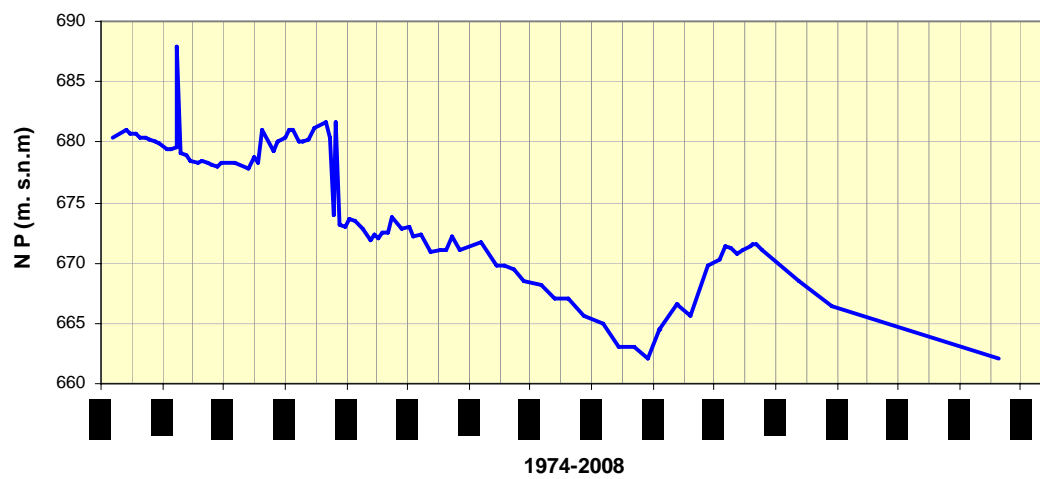
222770002



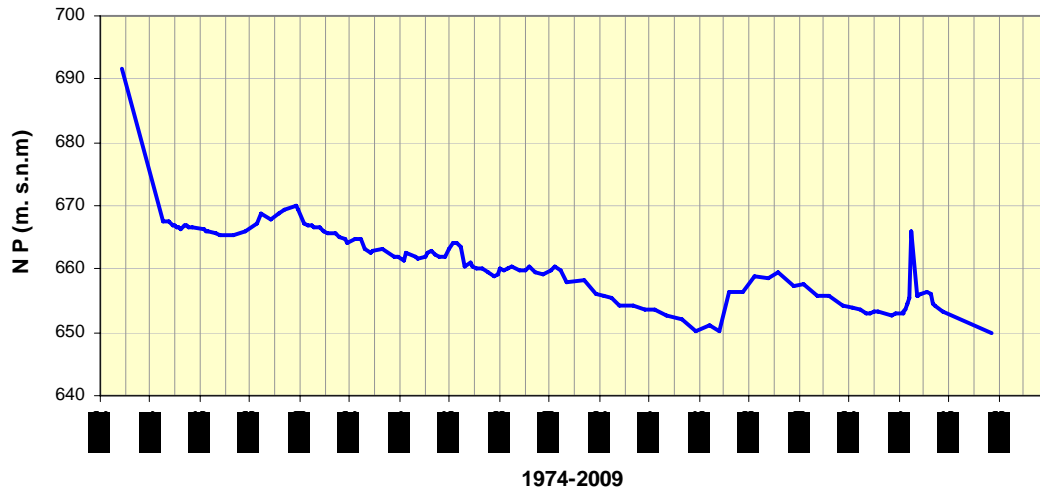
222770003



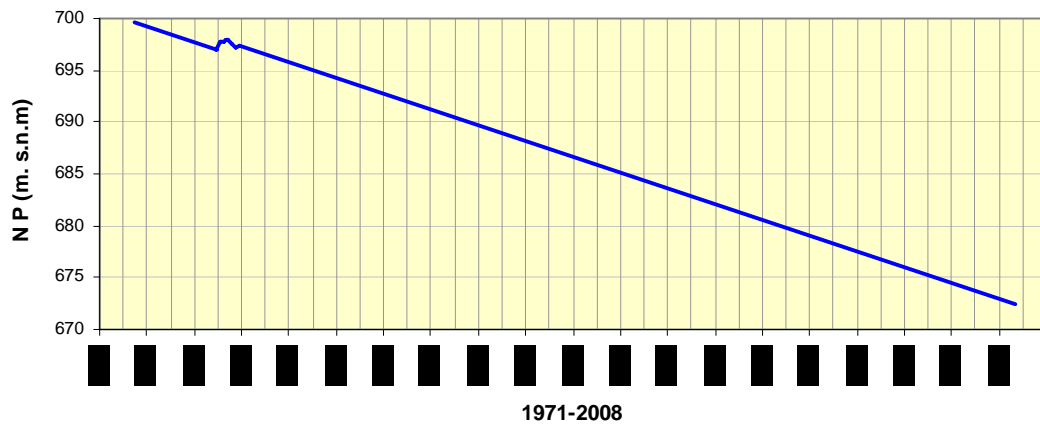
222810007



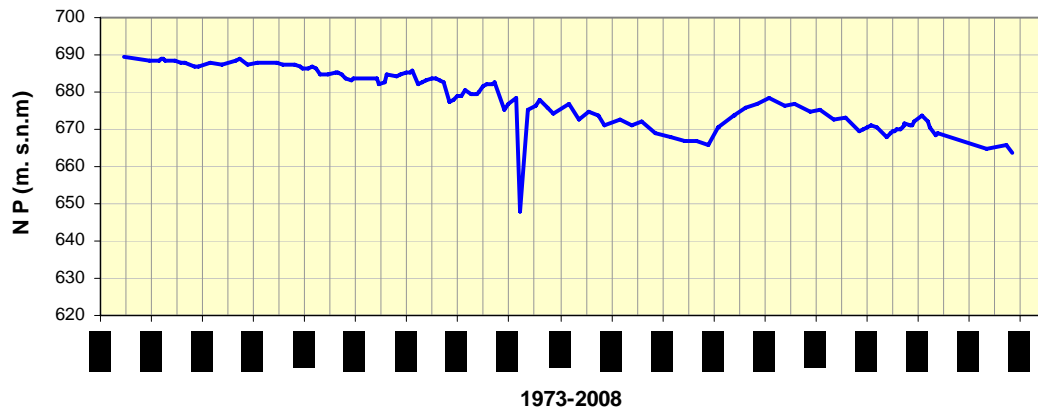
222830001



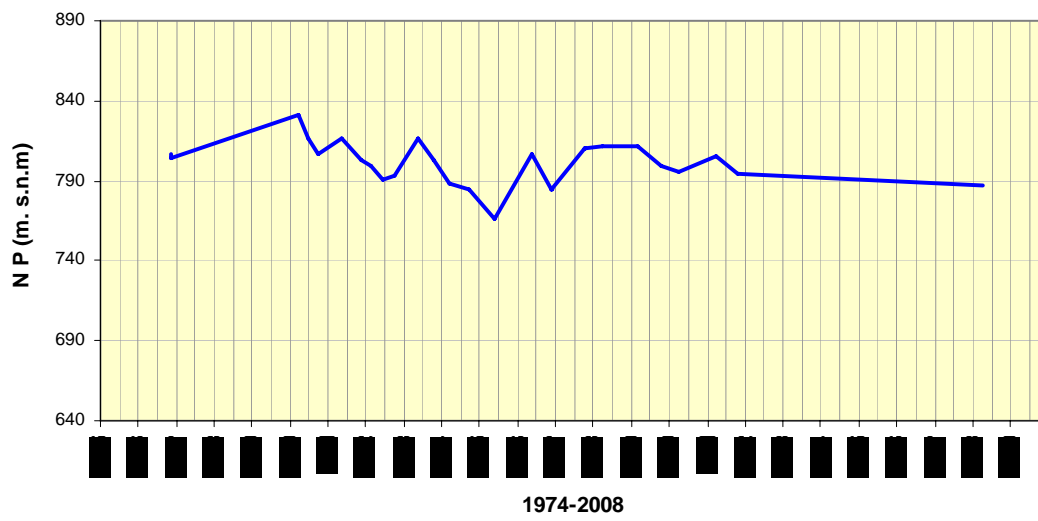
222940018



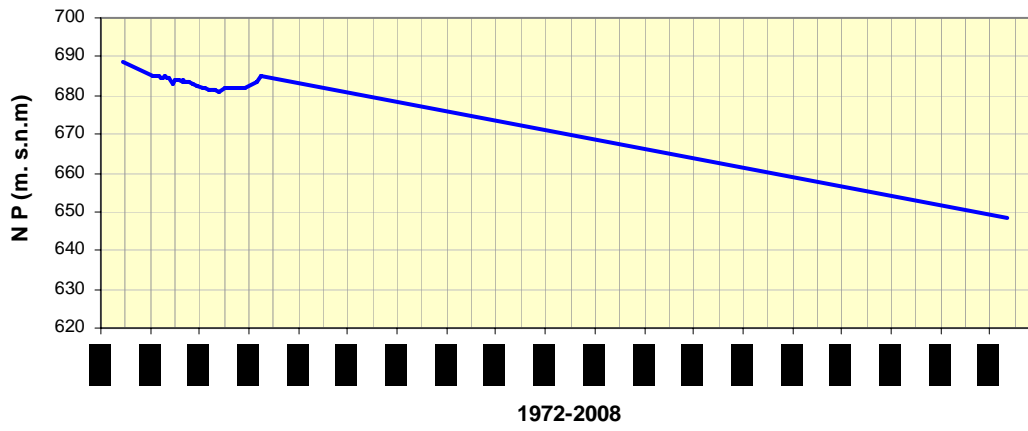
222940080



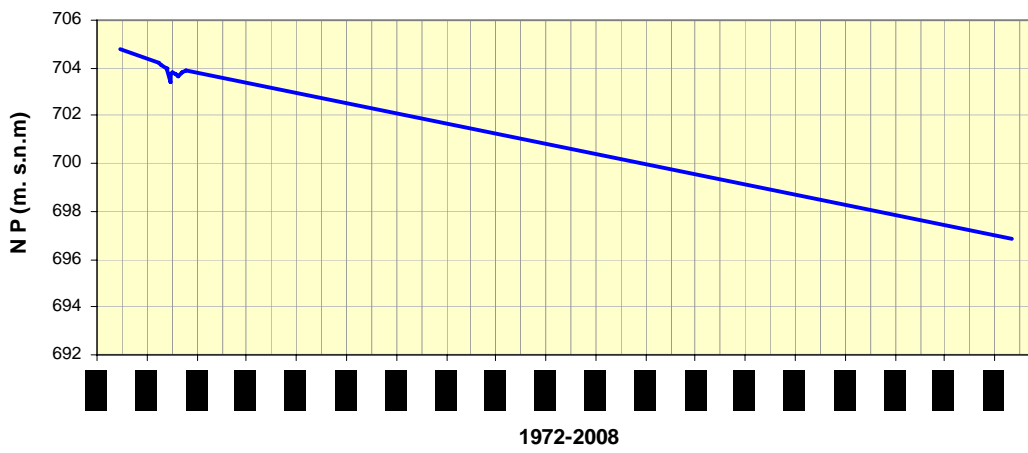
232720019



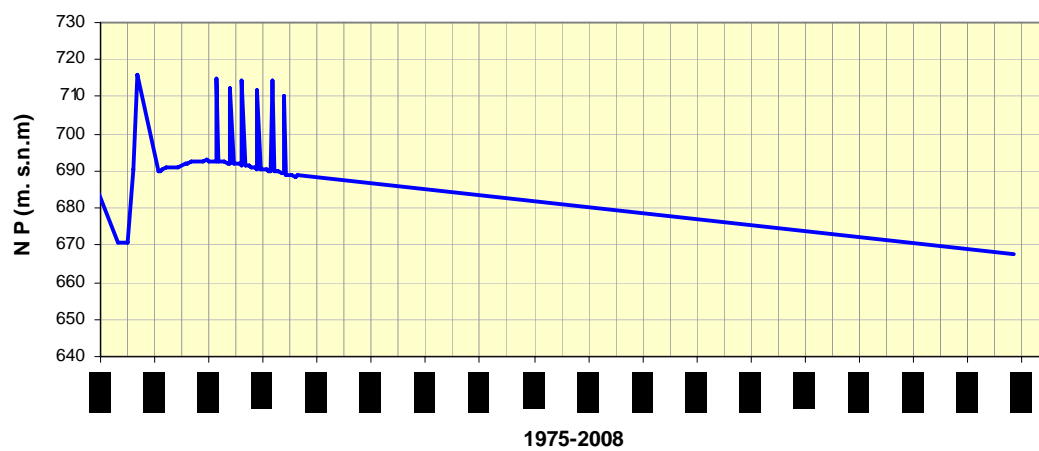
232820001



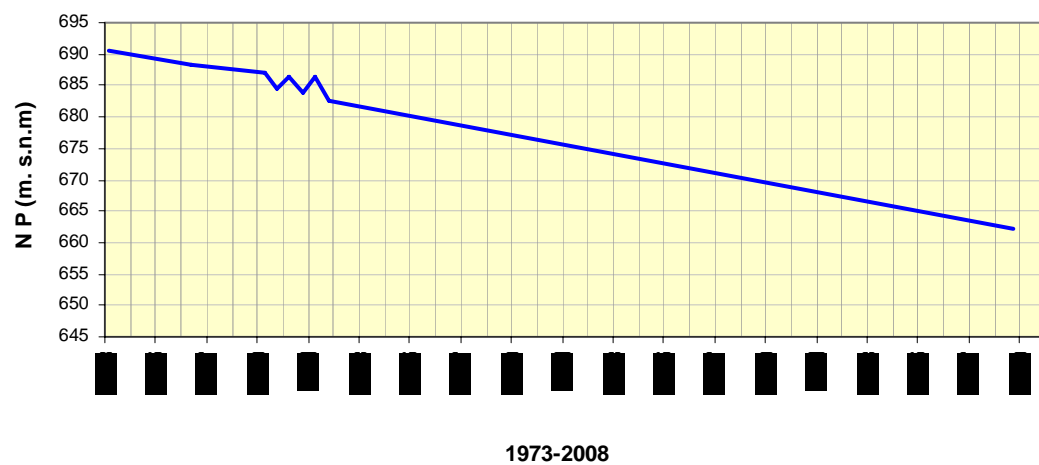
232860006



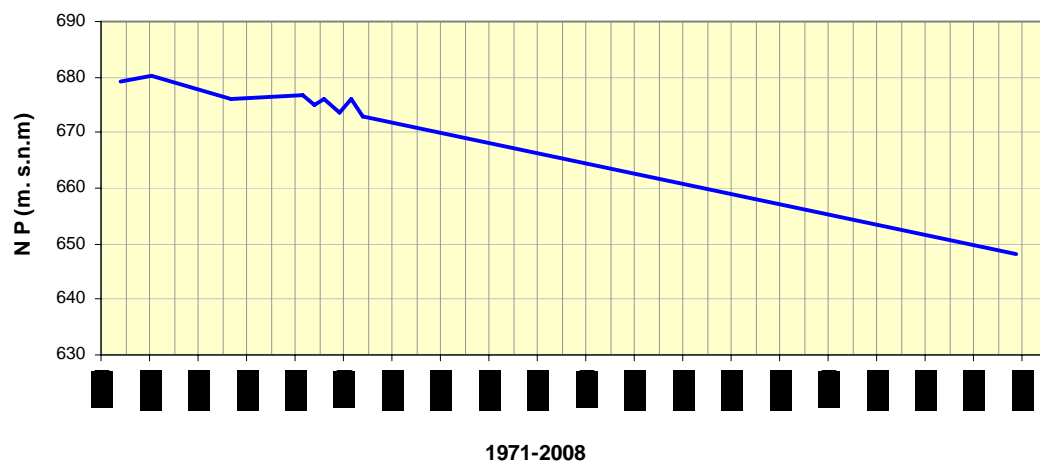
232860010



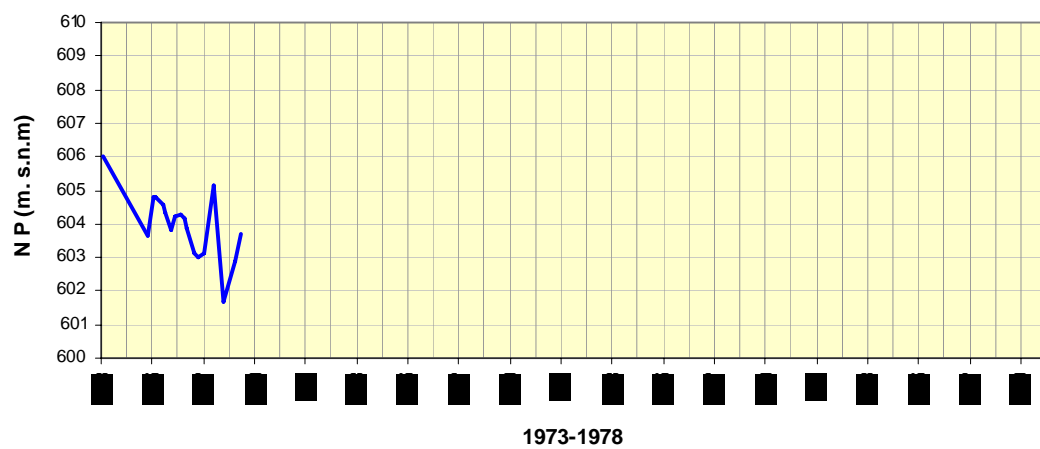
232910027



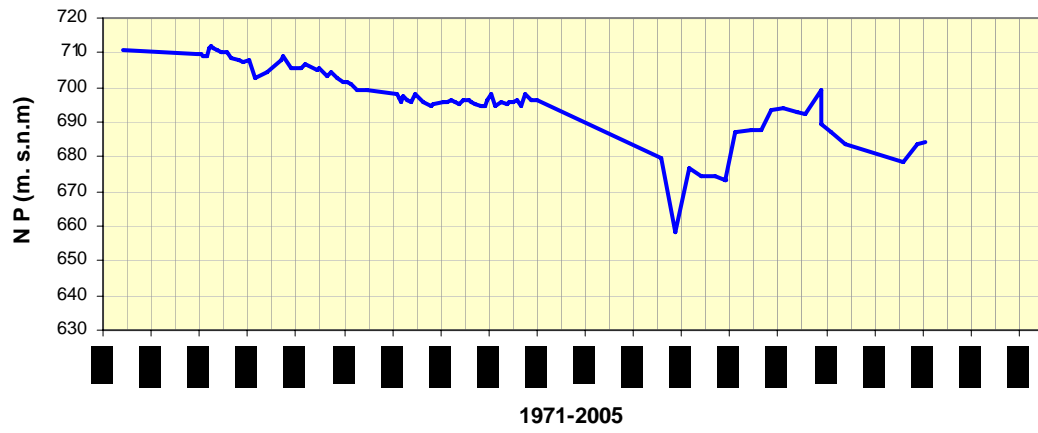
232920009



232920013

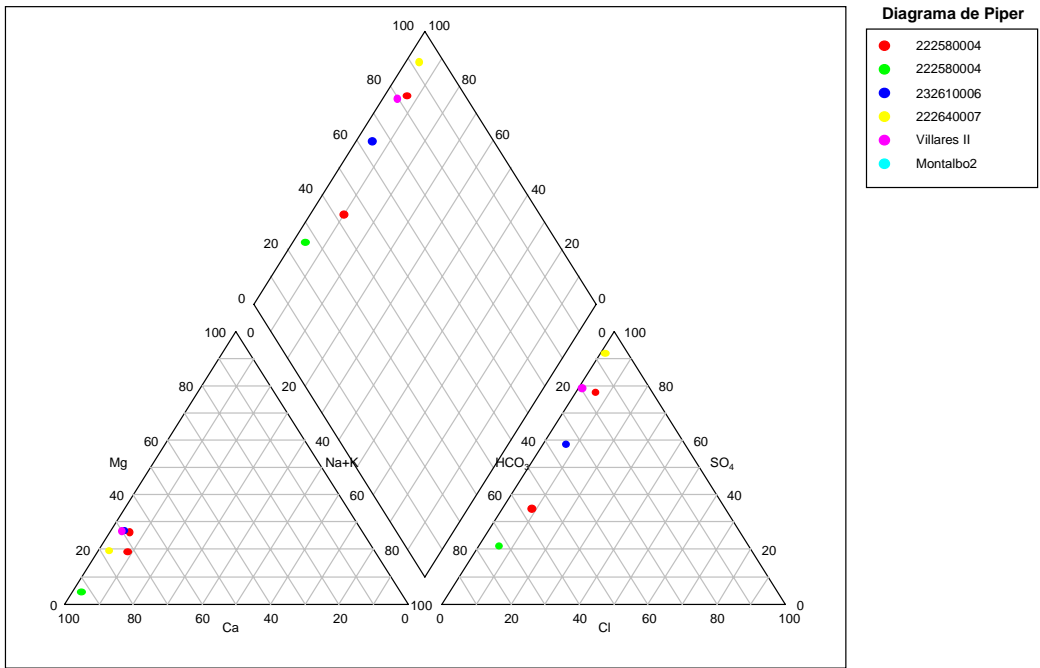


232950001

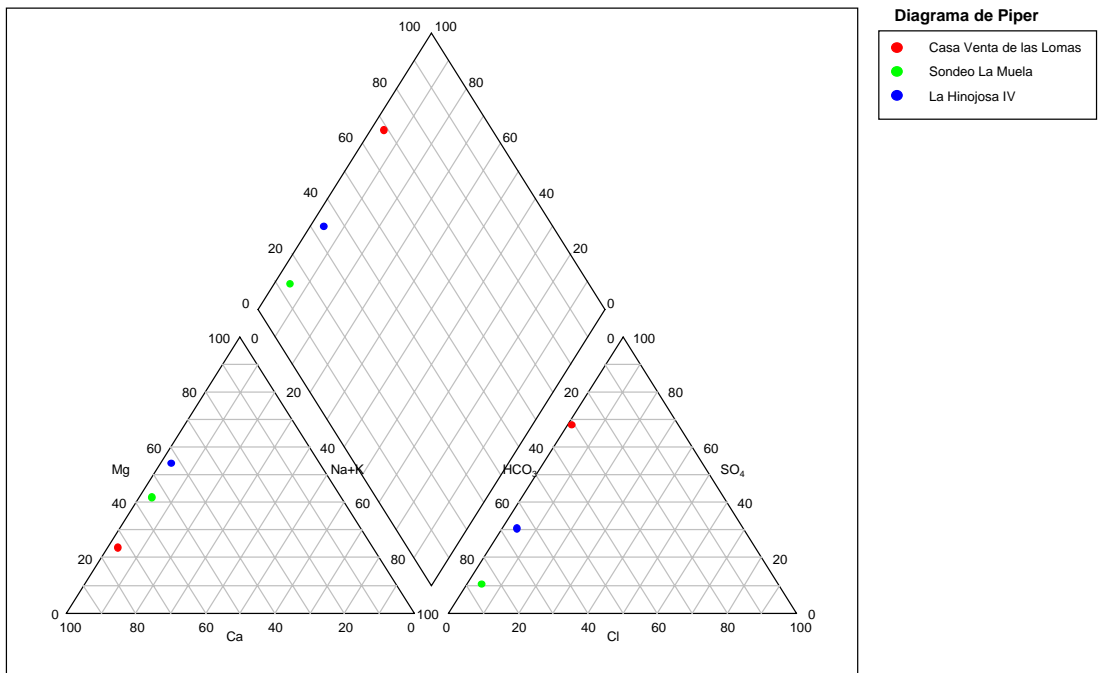


ANEXO 3

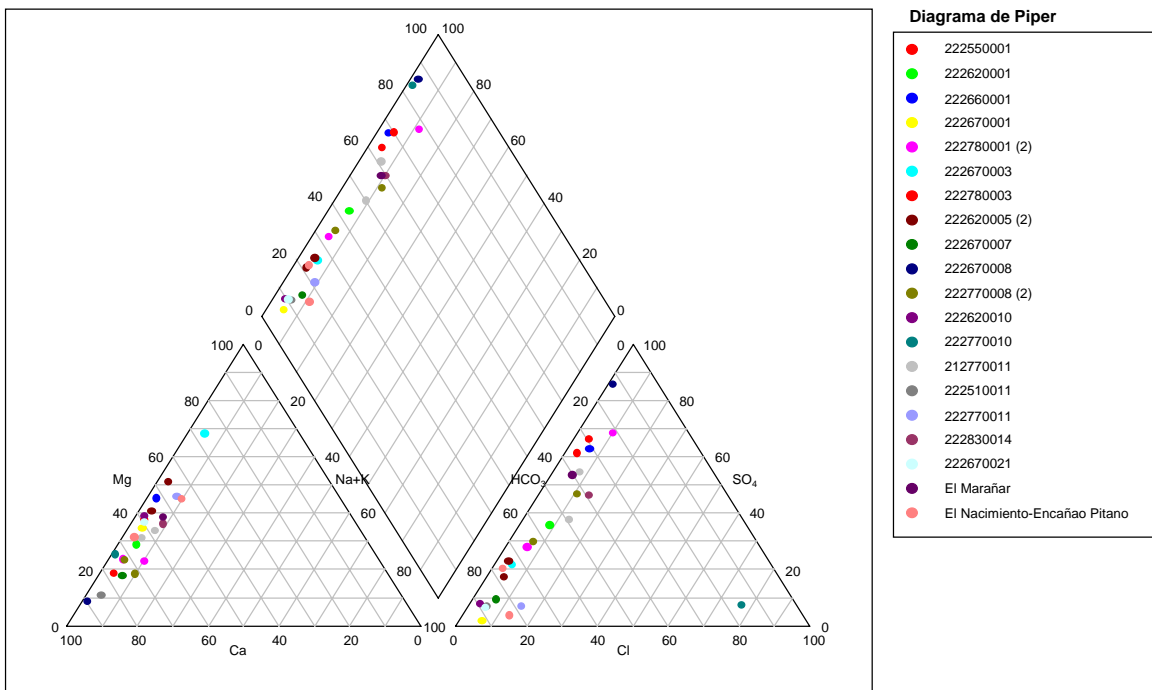
Diagramas de Piper-Hill-Langelier



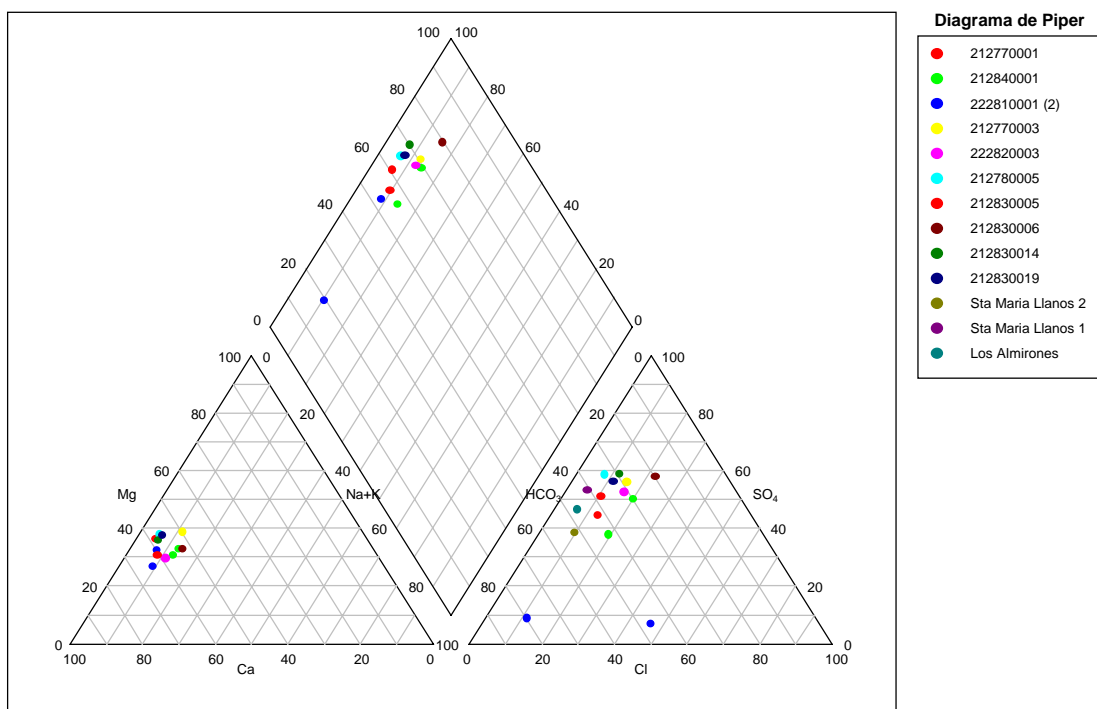
Cervera del Llano



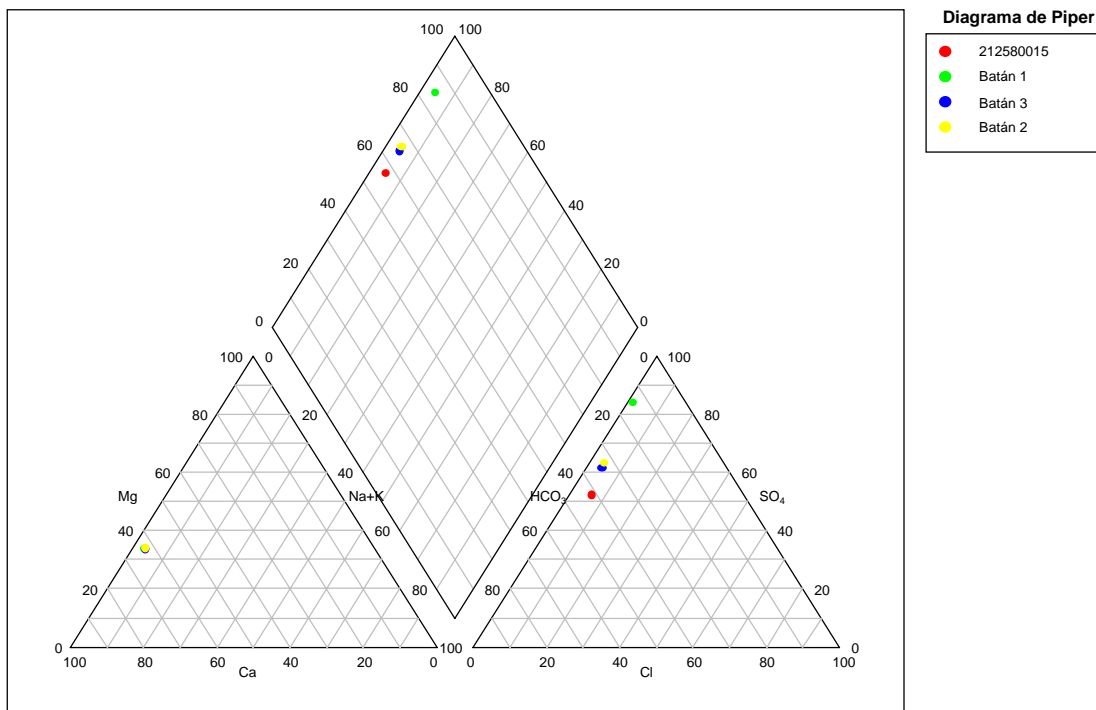
Pinarejo



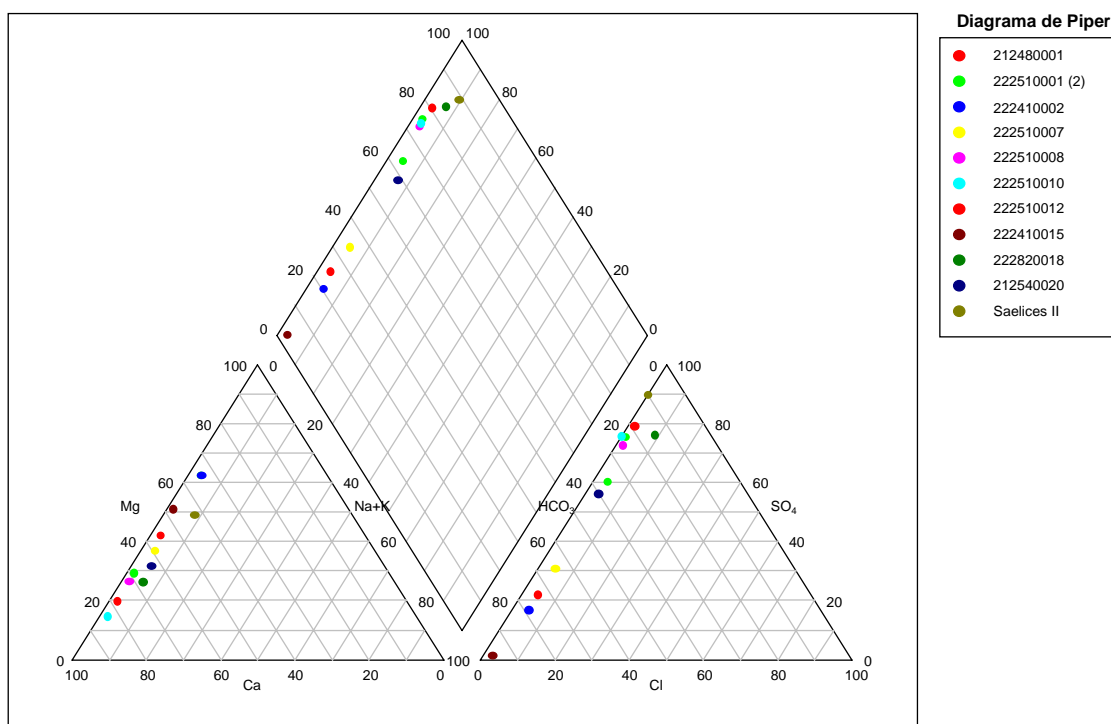
Almonacid-S. Clemente



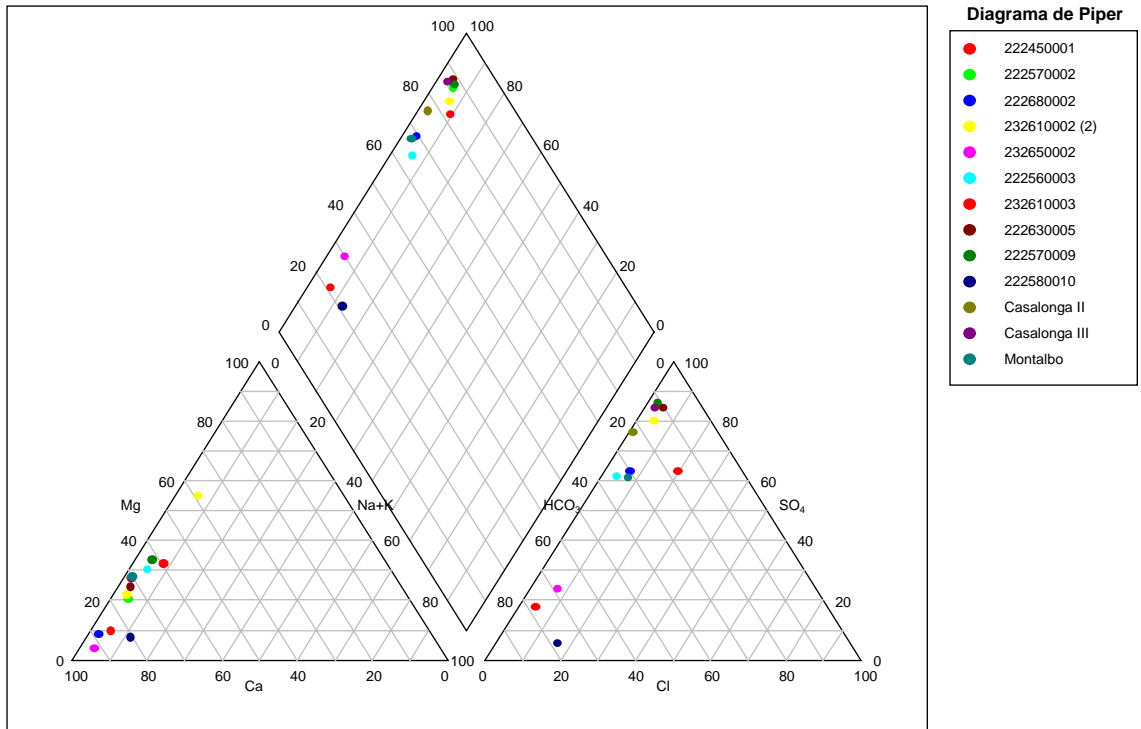
Mota del Cuervo



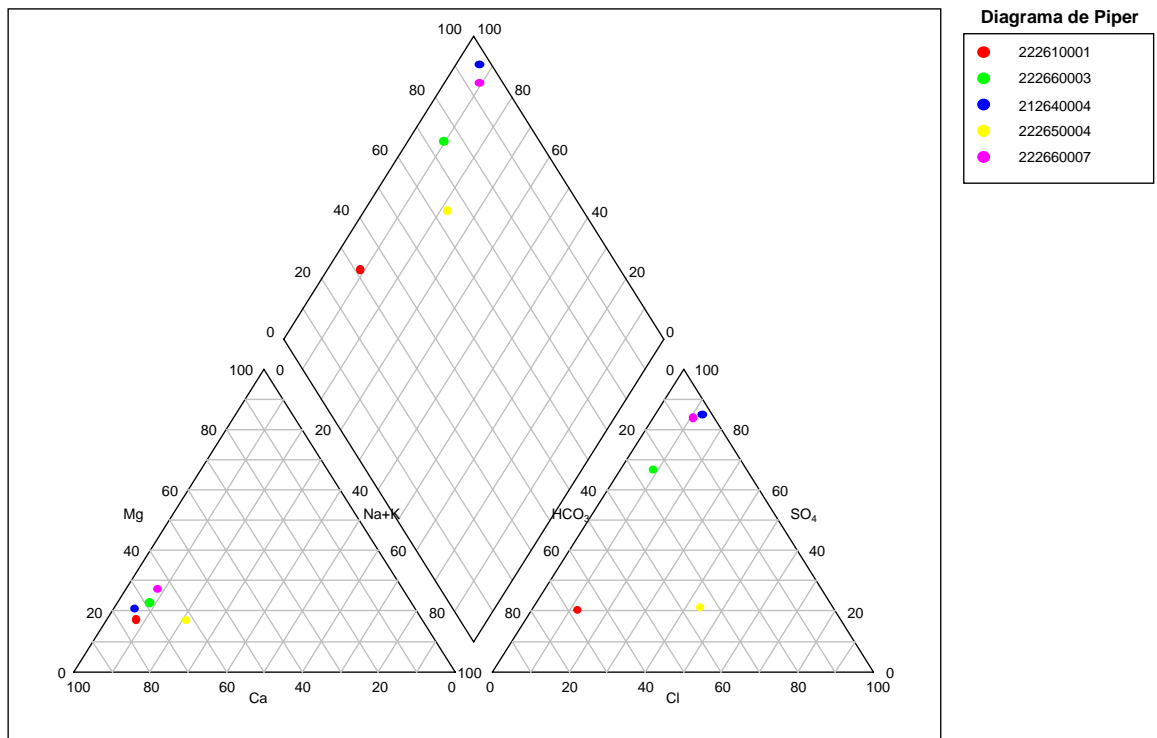
Sierra Almenara



Saelices-Almonacid



Depresión Hito



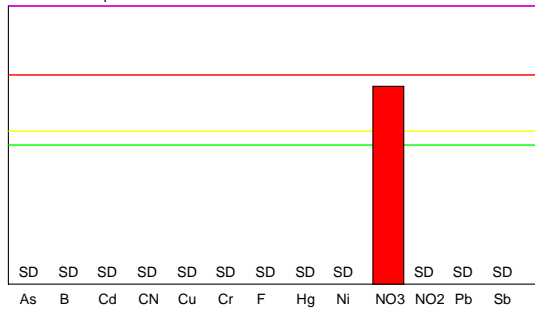
Depresión Tresjuncos

ANEXO 4

Puntos que superan en tres elementos la Reglamentación Técnico Sanitaria (RD 140/2003)

330-346 (mismo punto)

GRÁFICO DE POTABILIDAD (Parámetros químicos)
Nº de punto: 330 Fecha de Toma:



> 200%
> 150%
> 110%
Buena calidad

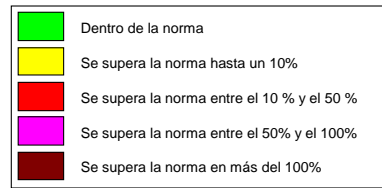
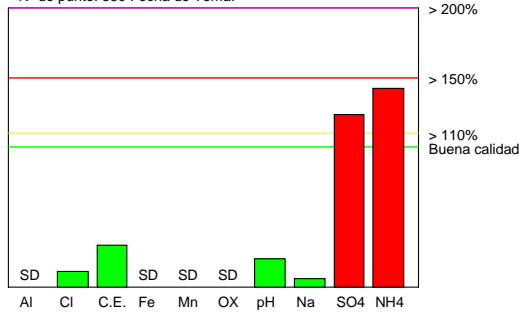
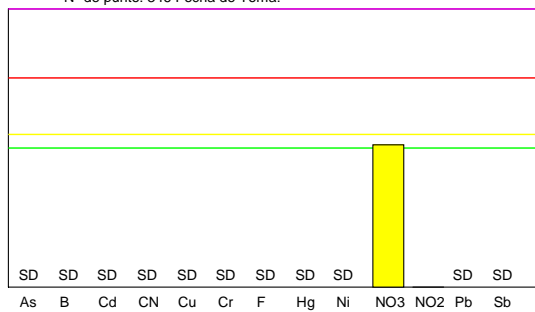


GRÁFICO DE POTABILIDAD (Parámetros indicadores)
Nº de punto: 330 Fecha de Toma:



> 200%
> 150%
> 110%
Buena calidad

GRÁFICO DE POTABILIDAD (Parámetros químicos)
Nº de punto: 346 Fecha de Toma:



> 200%
> 150%
> 110%
Buena calidad

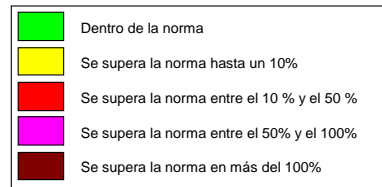
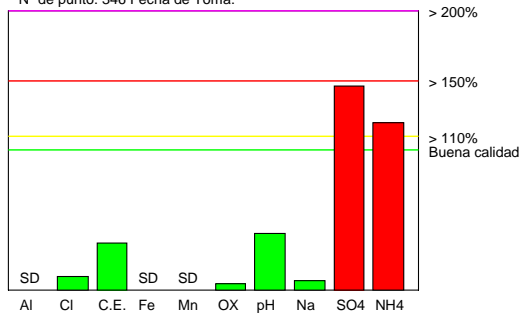
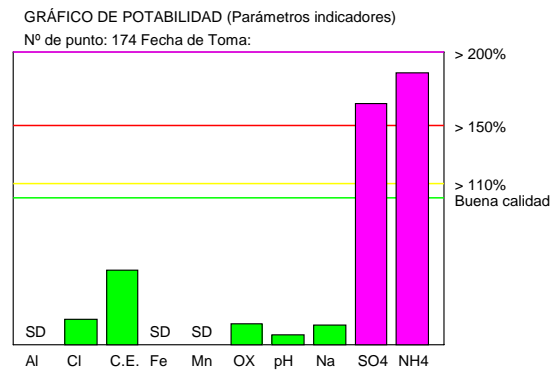
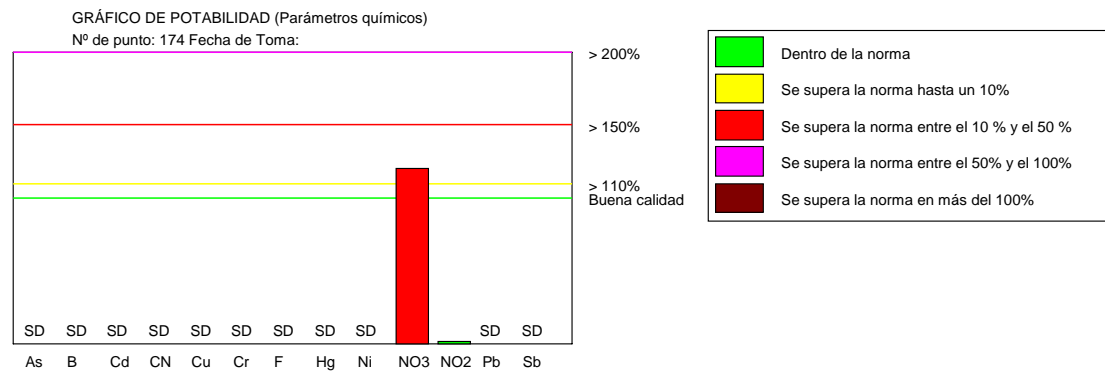
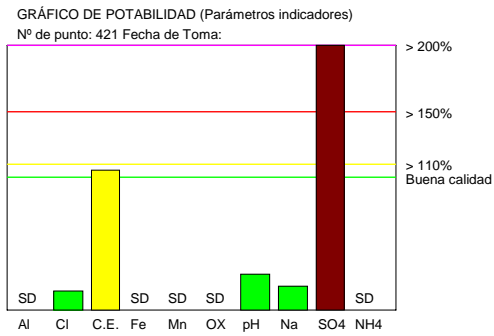
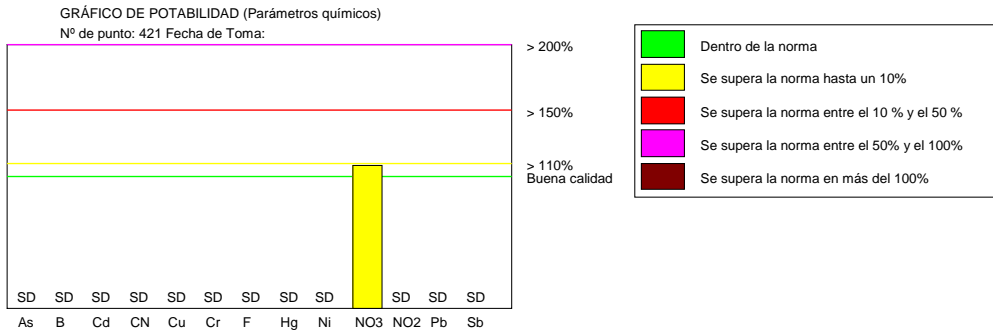
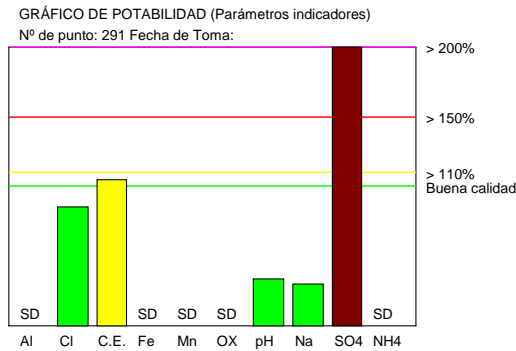
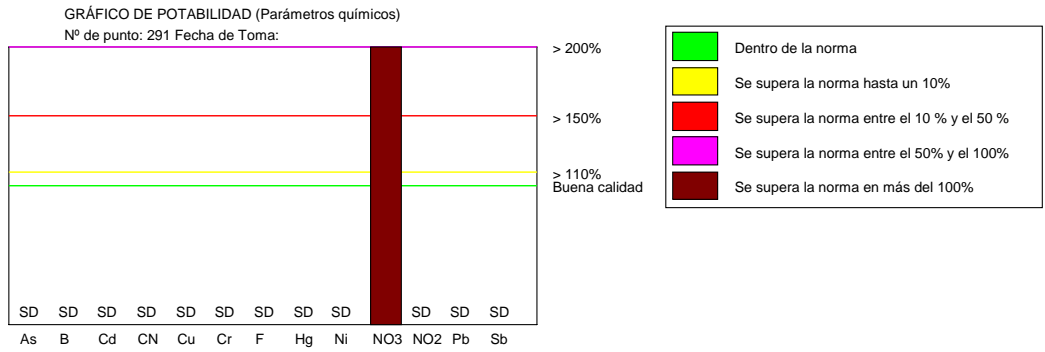


GRÁFICO DE POTABILIDAD (Parámetros indicadores)
Nº de punto: 346 Fecha de Toma:

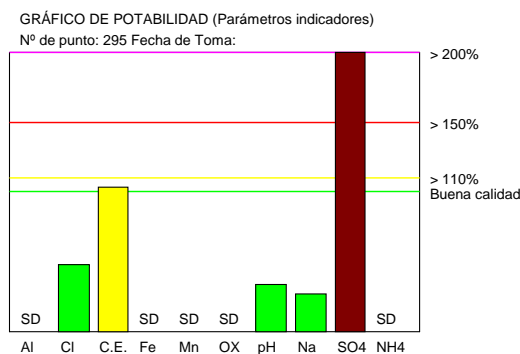
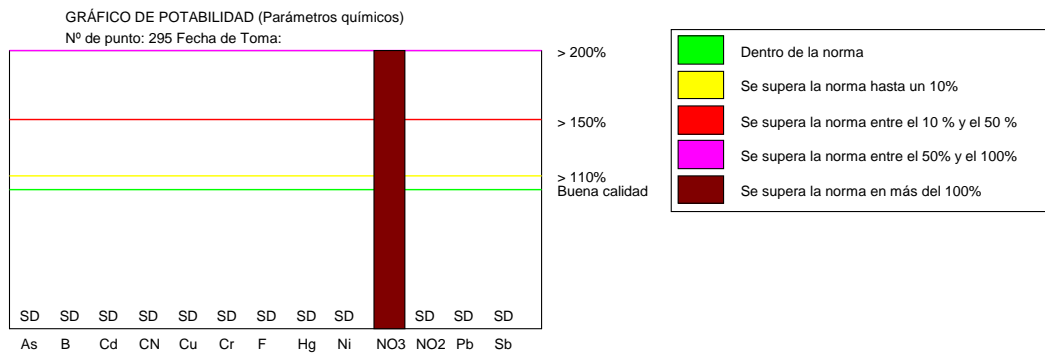


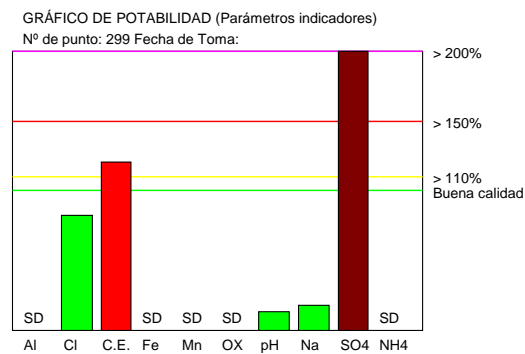
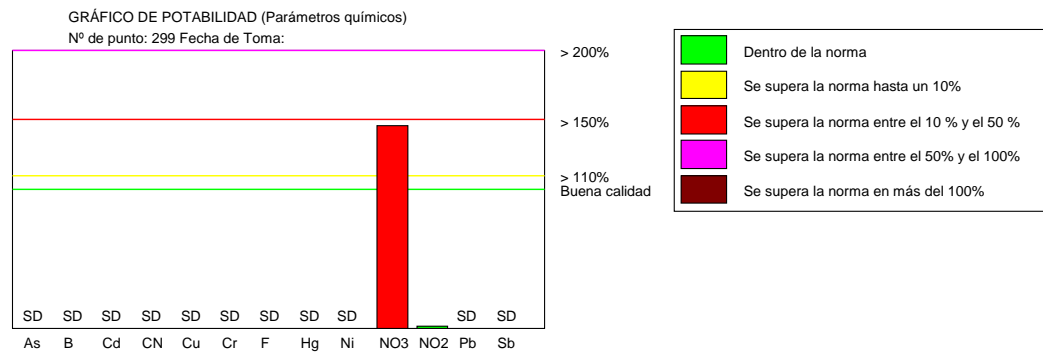
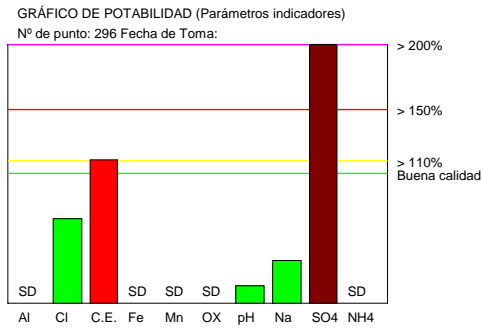
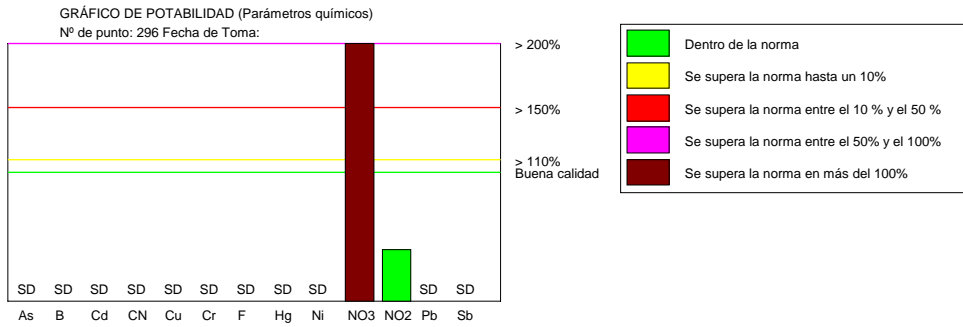
> 200%
> 150%
> 110%
Buena calidad

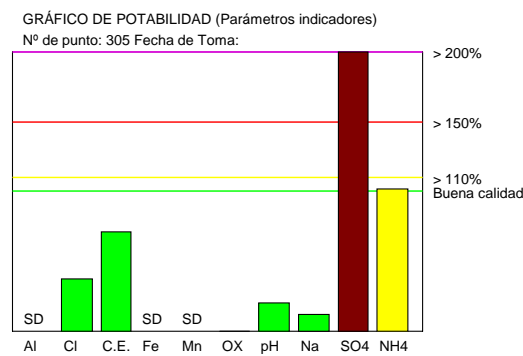
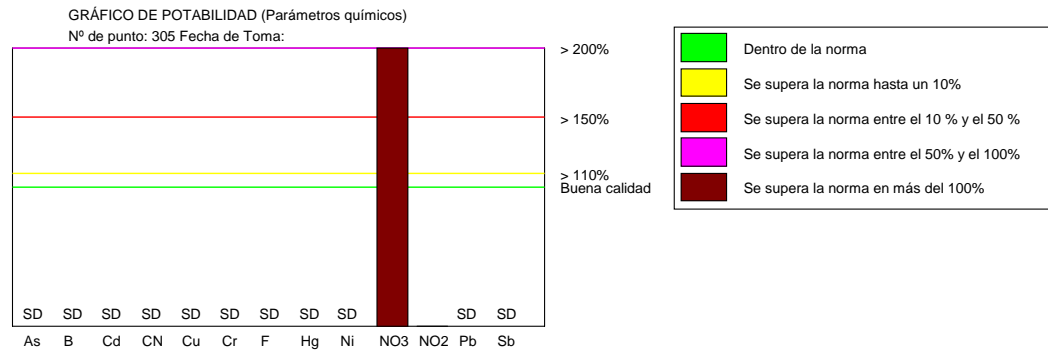
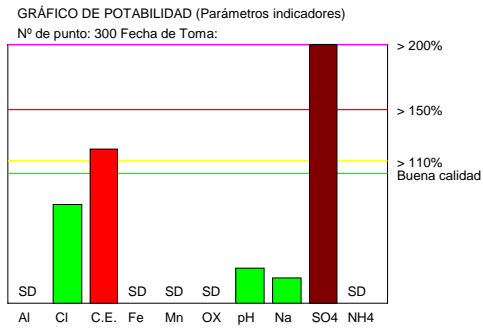
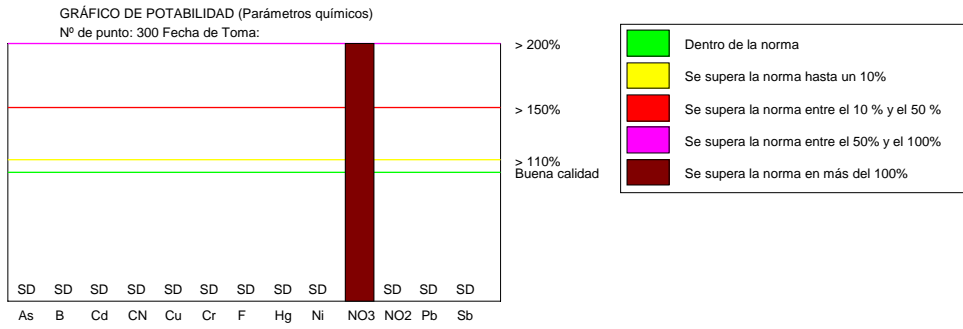




295-305 (mismo punto)







452-459 (mismo punto)

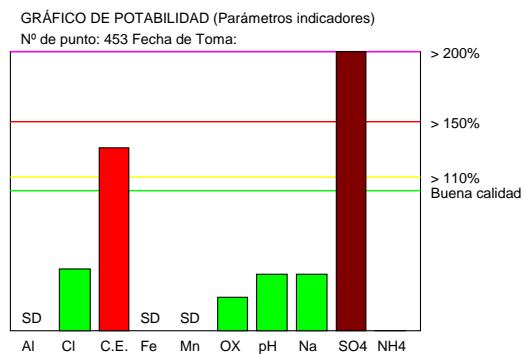
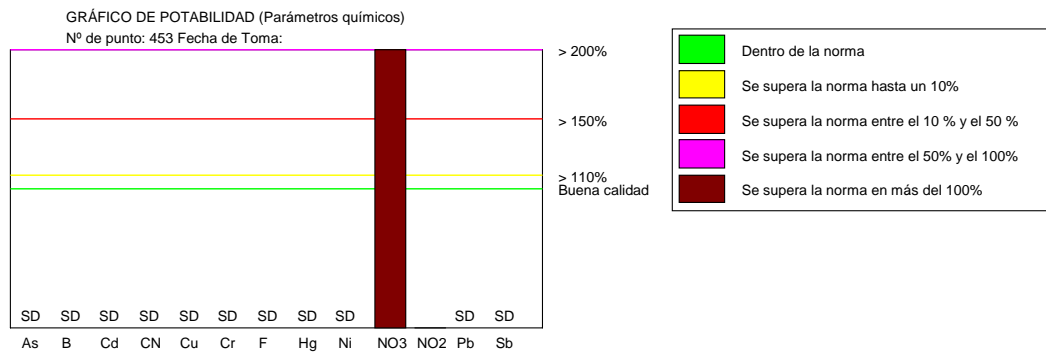
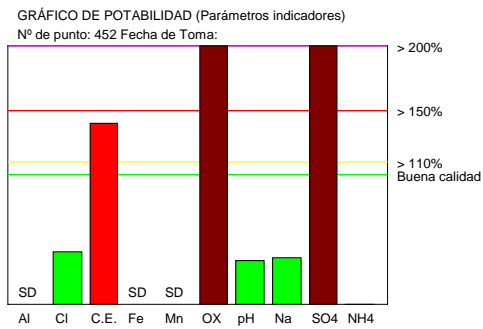
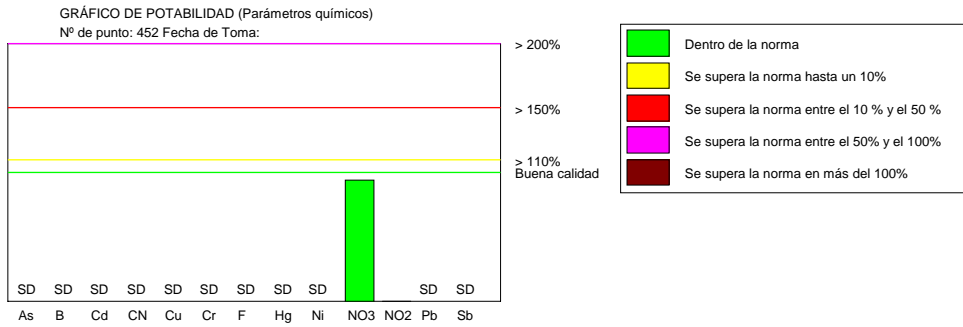


GRÁFICO DE POTABILIDAD (Parámetros químicos)

Nº de punto: 459 Fecha de Toma:

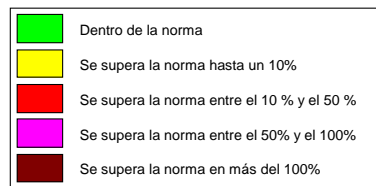
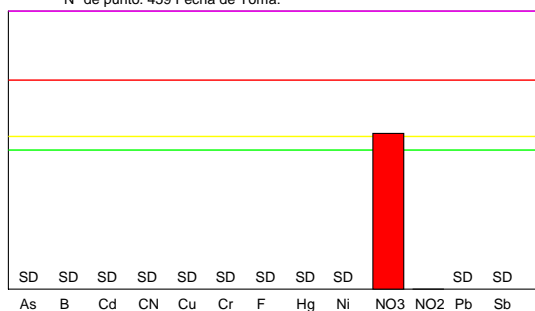
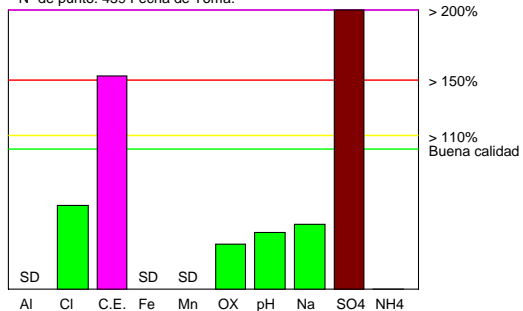


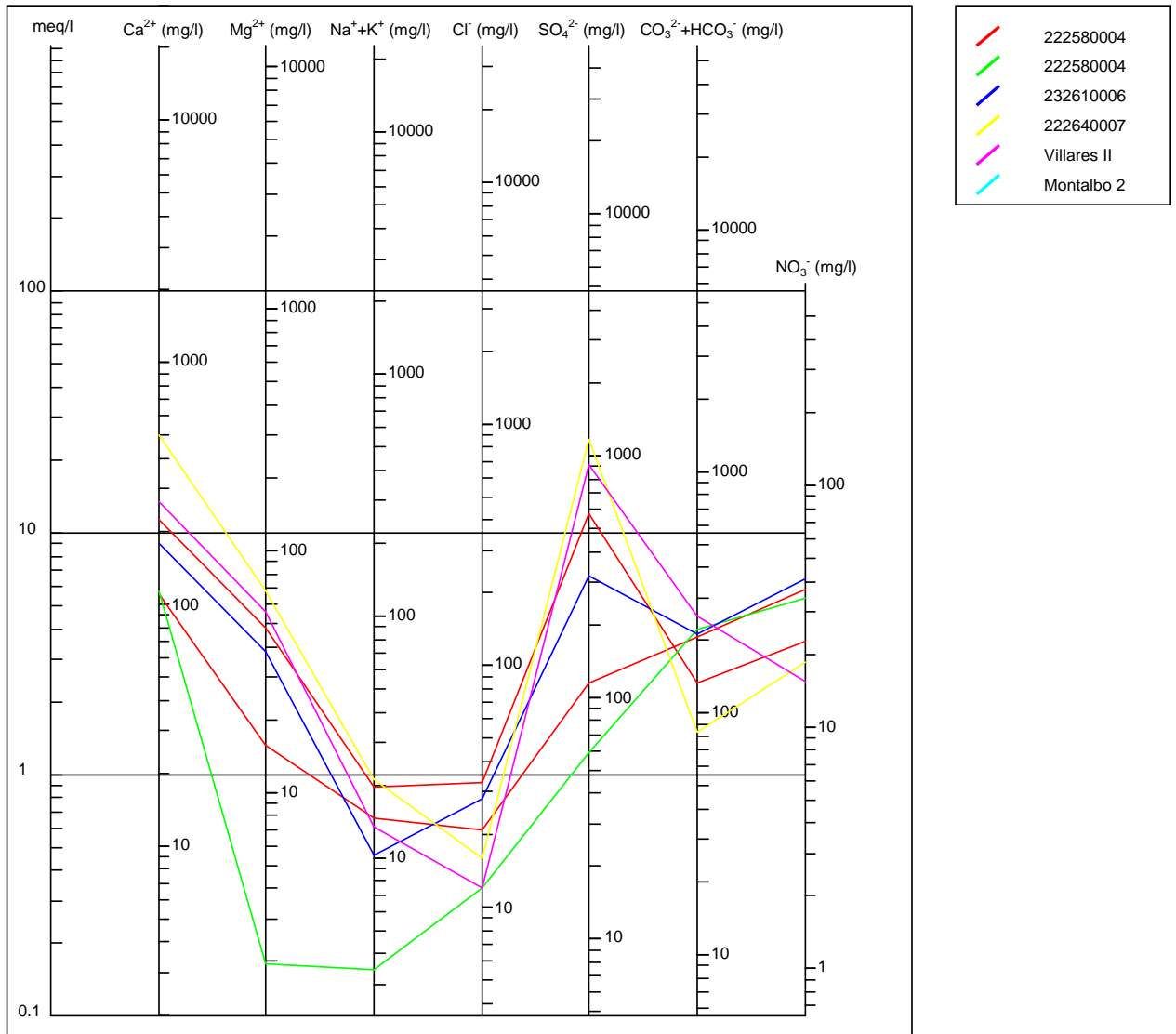
GRÁFICO DE POTABILIDAD (Parámetros indicadores)

Nº de punto: 459 Fecha de Toma:

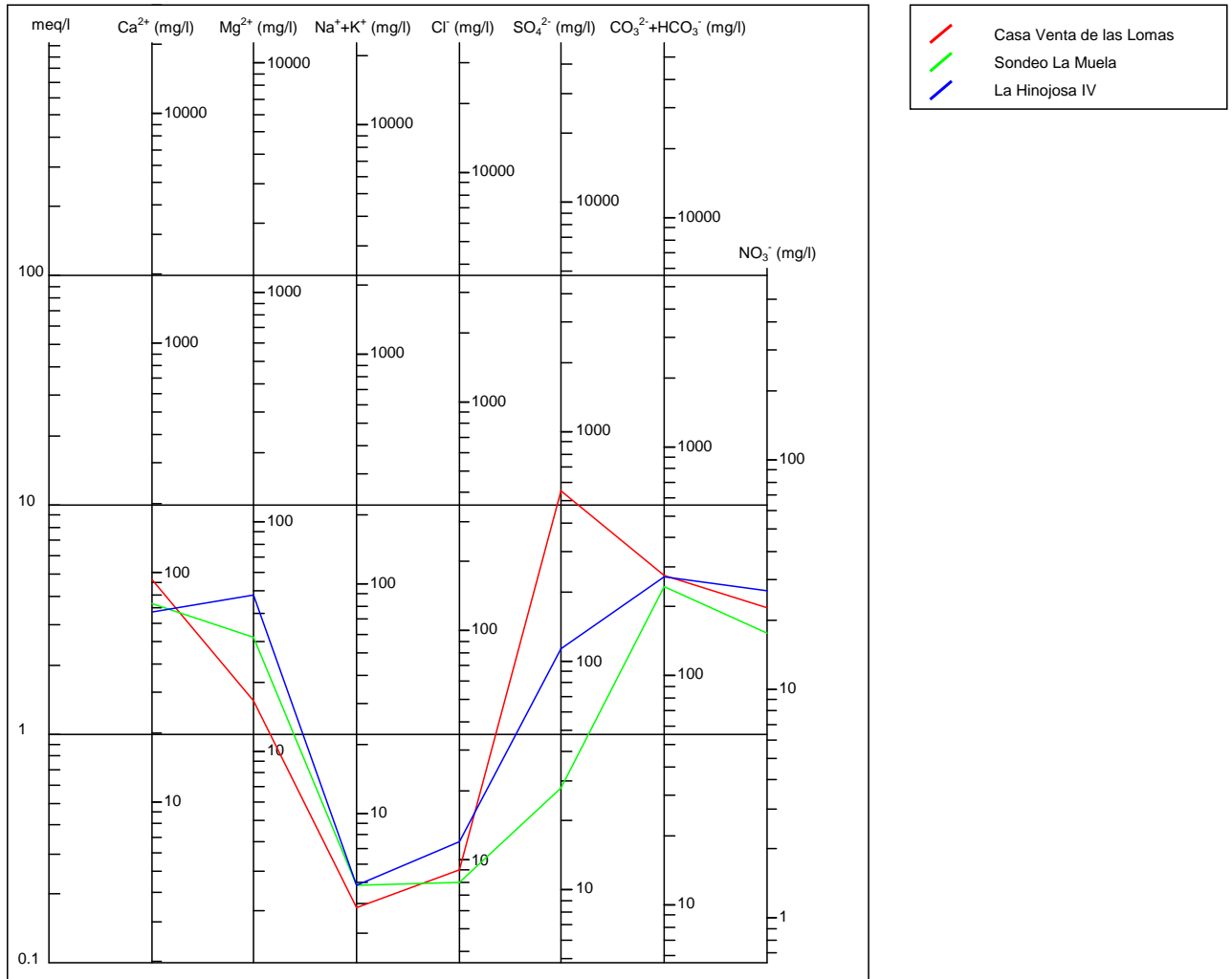


ANEXO 5

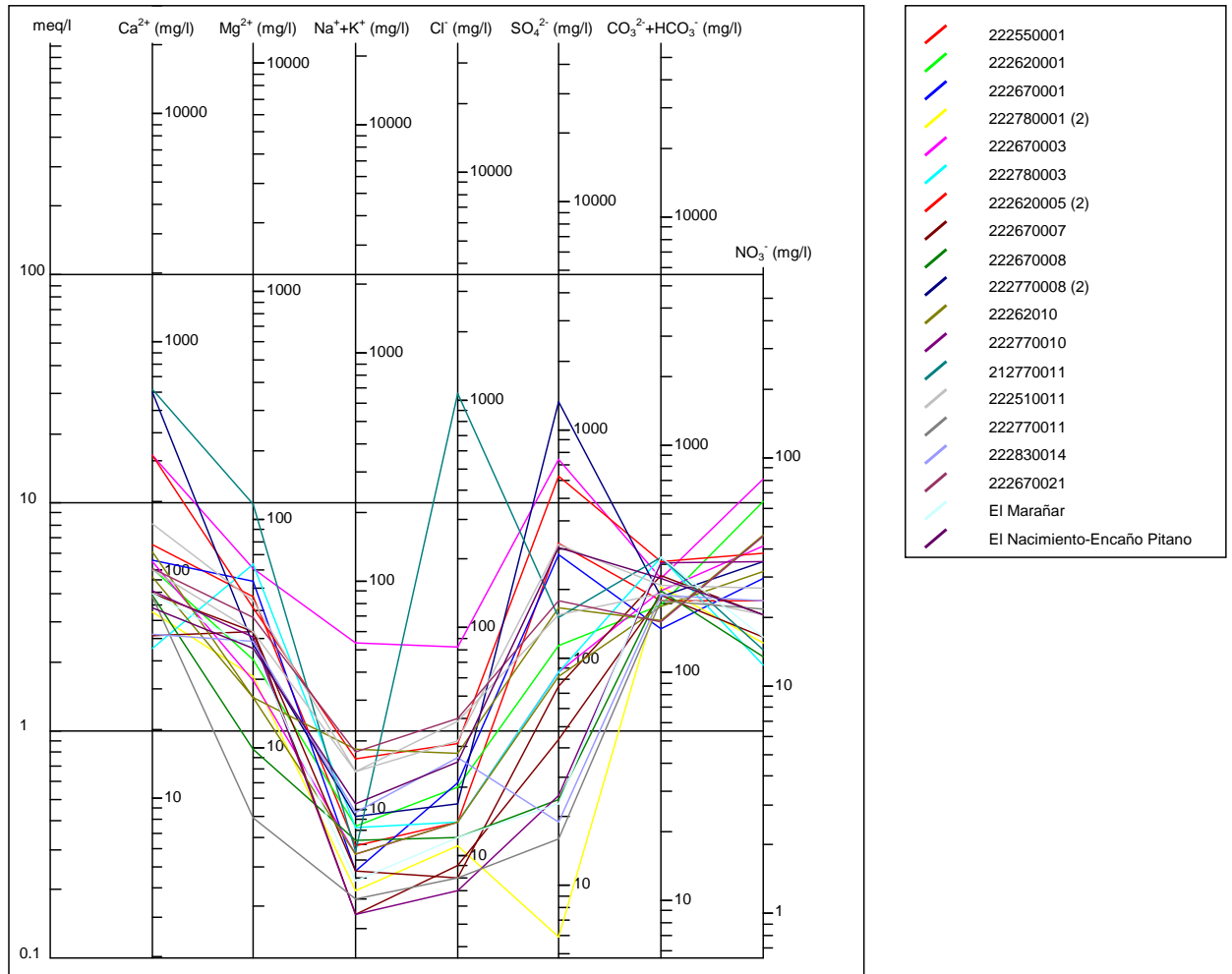
Gráficos Schoeller- Berkaloff



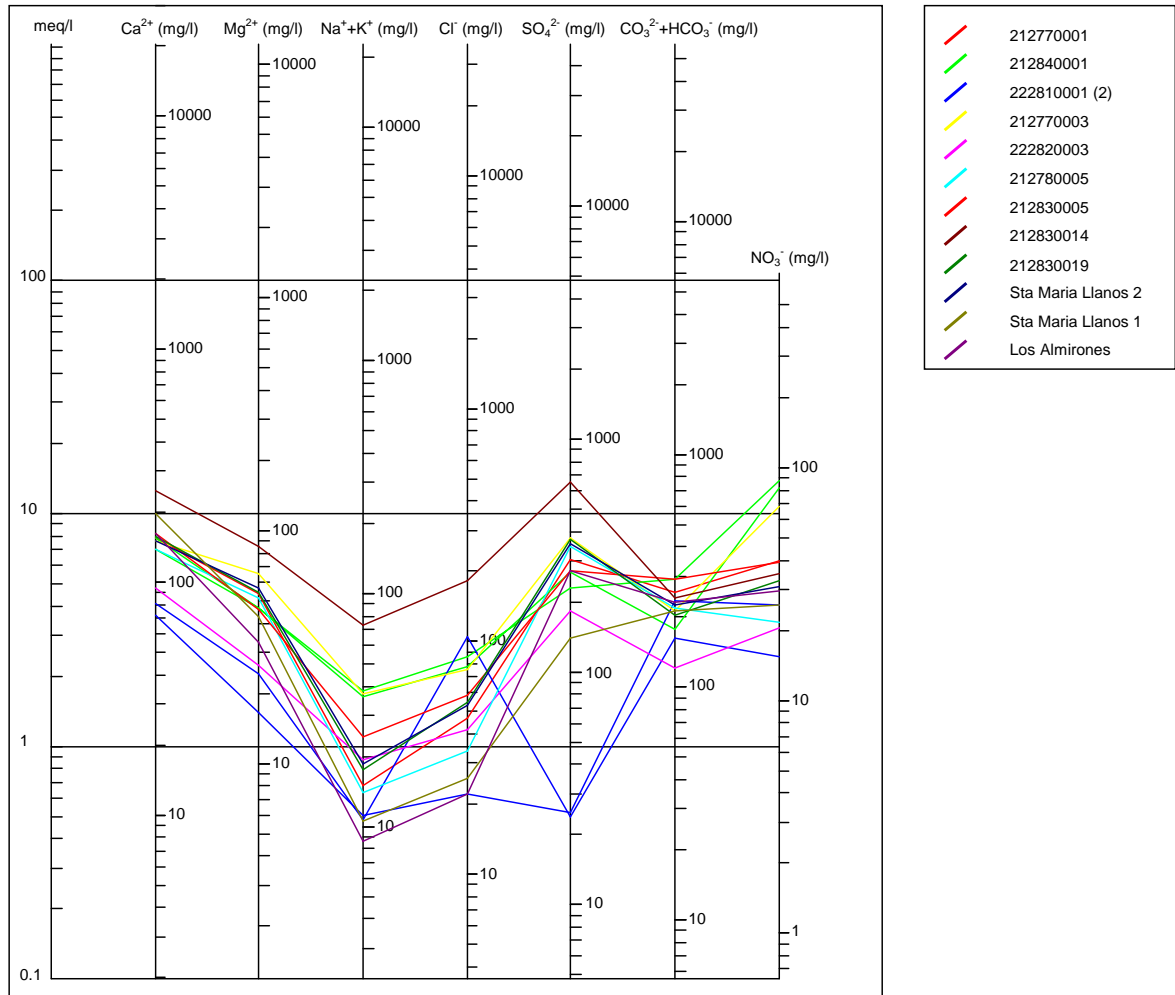
Cervera del Llano



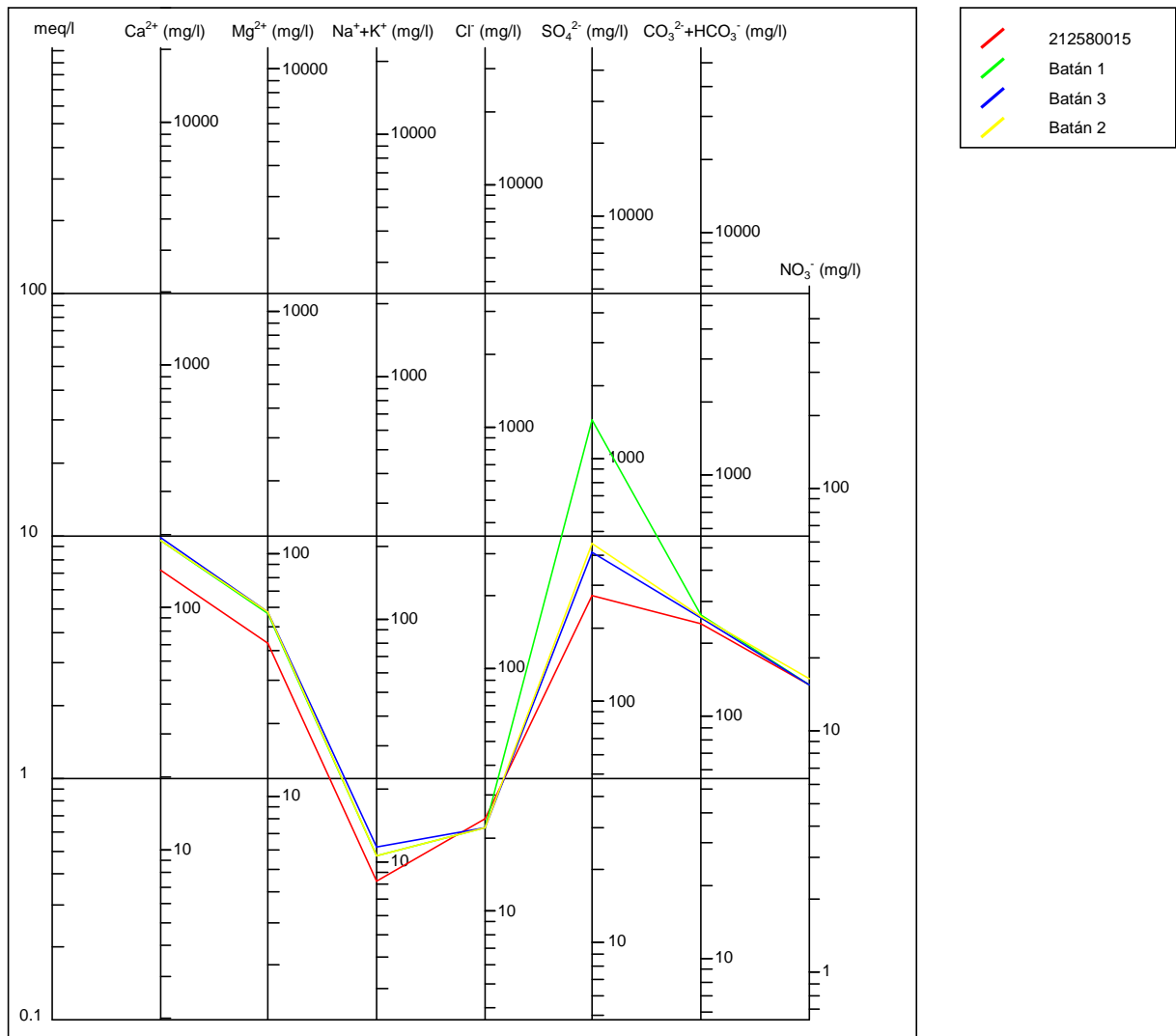
Pinarejo



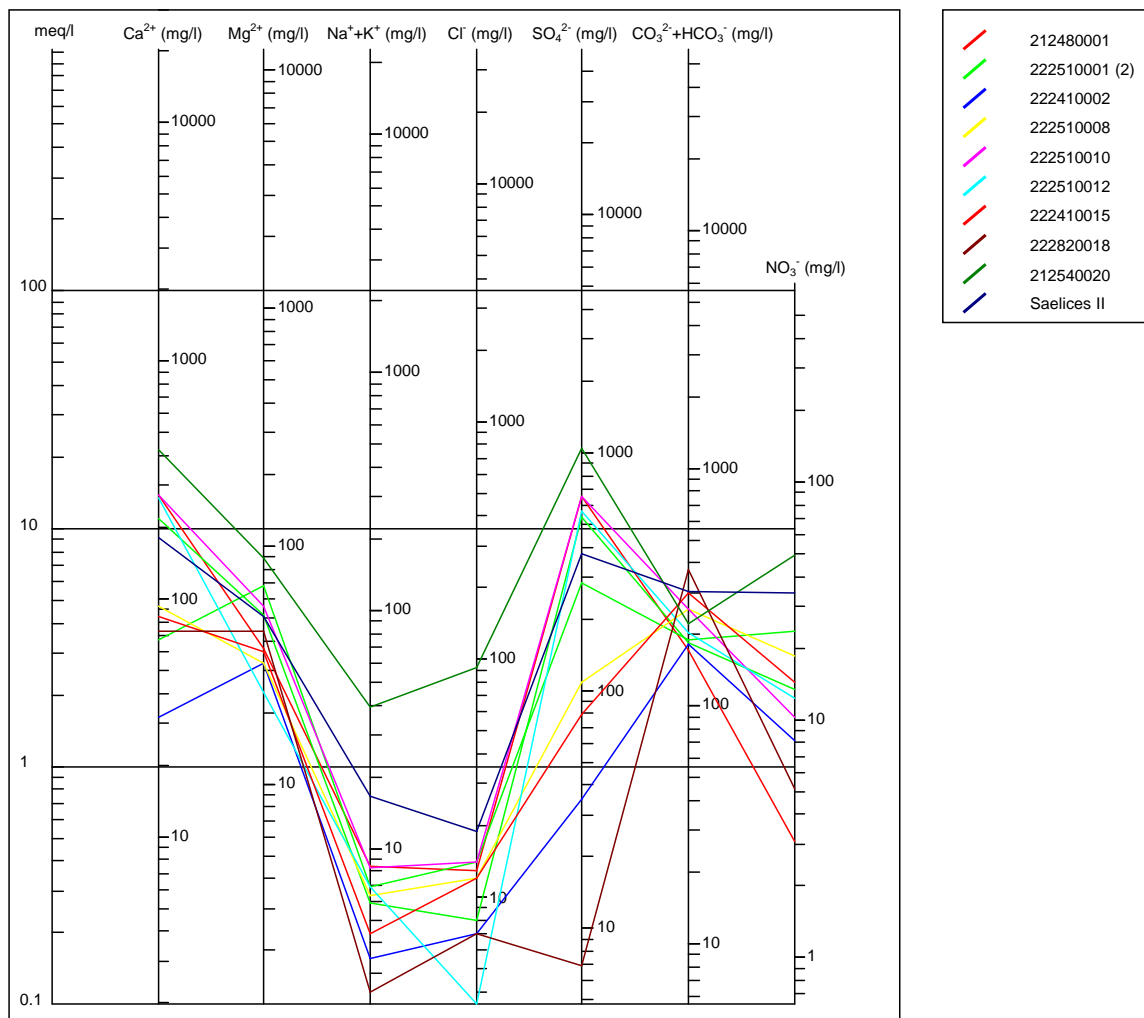
Almonacid-San Clemente



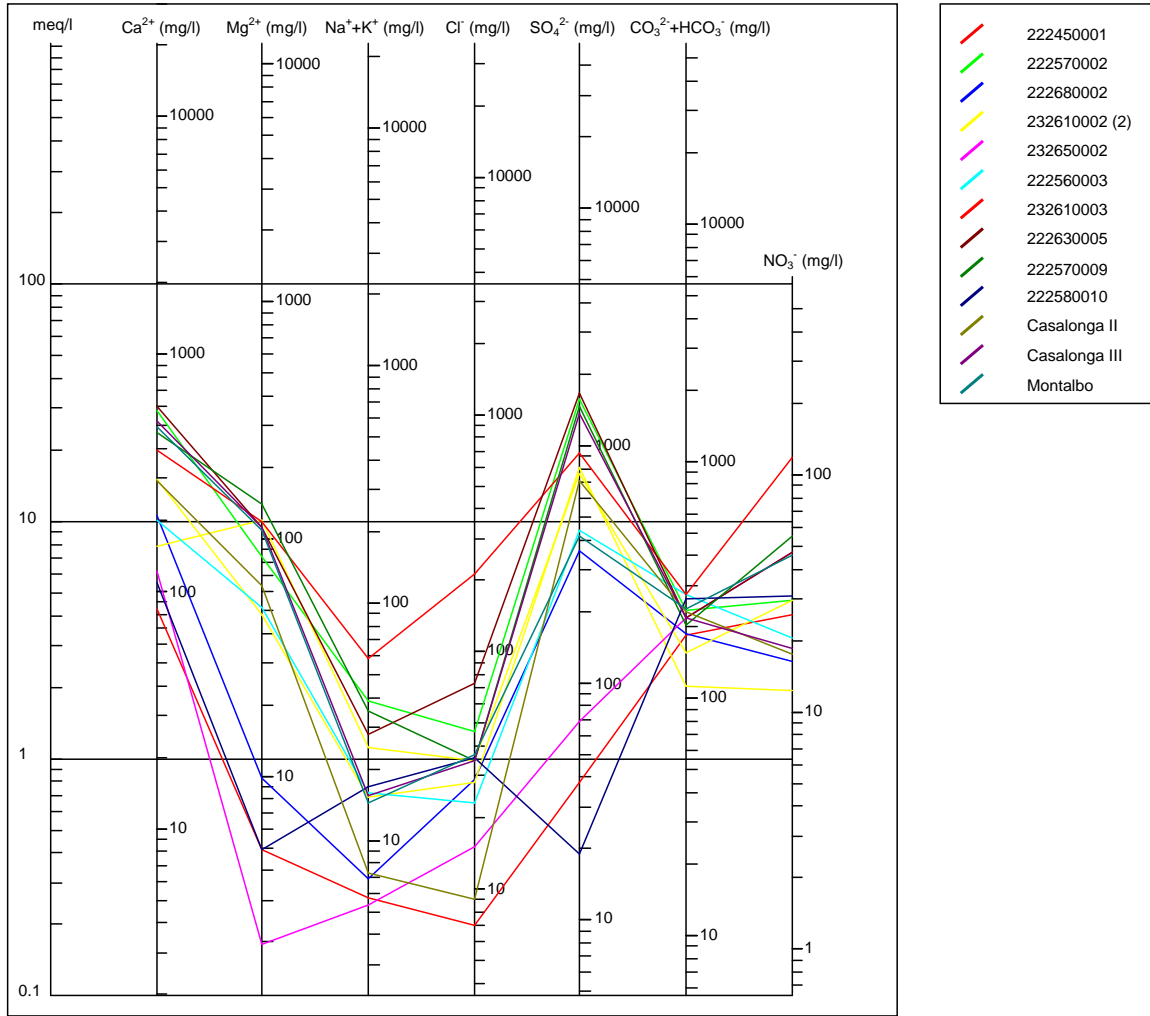
Mota del Cuervo



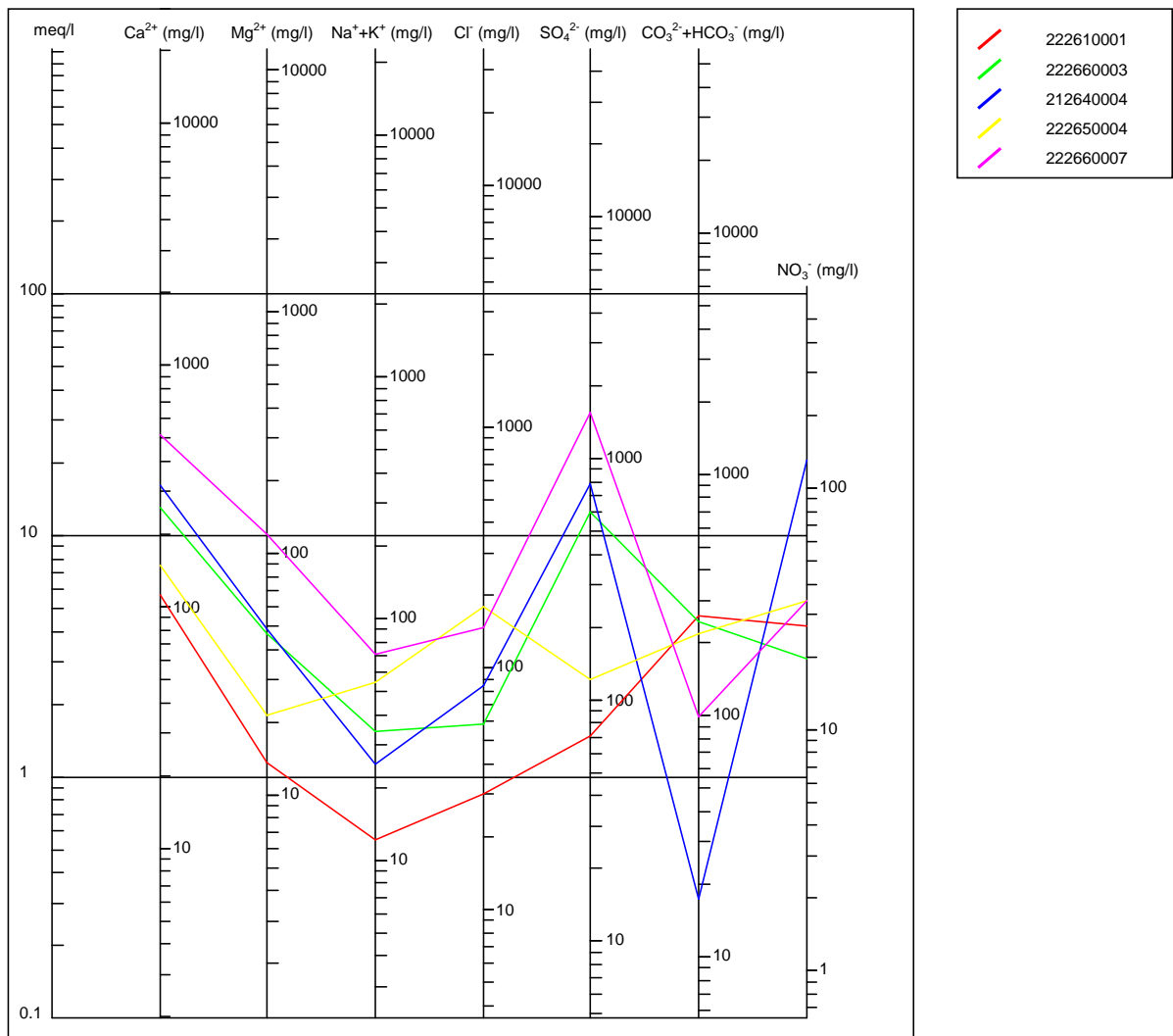
Sierra Almenara



Saelices-Almonacid



Depresión Hito



Depresión Tresjuncos

ANEXO 6

Lagunas visitadas

LAGUNAS EN LA MANCHA

Laguna de Hito:
Vallada. Unos 150 metros de diámetro







Laguna los prados:
Seca





Charco el soldado:
Seco





Laguna del cornican:
Seca





Laguna el alcahozo





Laguna de Navalafuente:
Seca



Laguna de Retamar:
Seca



Laguna de Navalmendel:
Seca



Laguna Navajo blanco:
Seca



Laguna Norte del Toboso:
Seca



Laguna la Nava:
Seca



Laguna de las Horadadas:
Seca



Hoya de Caraceno:
Seca



Laguna Blancares oeste:
Seca



Laguna blancas norte:
Seca



Laguna de los Capellanes:
Vegetación típica juncos





Laguna Saladilla :
Seca



Laguna Quintanares:
Seca



Laguna la Quebrada:
Juncos unos 4 metros de diámetro



