

2. SISTEMAS ACUÍFEROS DE LA CUENCA DEL DUERO

- 2.1. *Sistemas Acuíferos Nums. 8 y 12. Terciario detrítico central del Duero y Terciario conglomerático de Zamora-Salamanca***
- 2.2. *Sistema N° 9. "Unidad Kárstica del Norte de León, Palencia y Burgos"***
- 2.3. *Sistema N° 10. "Unidad kárstica mesozoica del Extremo Septentrional de La Ibérica"***
- 2.4. *Sistema N° 10. BIS (88). "Terciario del Sureste de Soria"***
- 2.5. *Sistema N° 11. "Cretácico calcáreo de Segovia"***

2. SISTEMAS ACUIFEROS DE LA CUENCA DEL DUERO

2.1. SISTEMAS ACUIFEROS NUMS. 8 y 12. TERCIARIO DETRITICO CENTRAL DEL DUERO Y TERCIARIO CONGLOMERATICO DE ZAMORA-SALAMANCA

Características generales

Los dos sistemas acuíferos se estudian conjuntamente ya que, atendiendo a su funcionamiento, forman en realidad un único conjunto que se identifica prácticamente con la Cuenca Terciaria del Duero y compone la mayor unidad hidrogeológica de la Península. Constituye una altiplanicie de unos 800 m de altitud, con una pendiente media del 5 por mil, con una superficie de unos 43.450 km² desarrollada aproximadamente entre las ciudades de León, Burgos, Avila, Salamanca y Zamora.

El río Duero recorre el llano en dirección E-O recibiendo por la derecha los ríos Pisuerga y sus afluentes (Arlanza, Arlanzón, Carrión) y Esla (Cea, Porma, Orbigo, Tera) tan importantes como el propio Duero; los afluentes por la izquierda: Tormes, Riaza, Duratón, Cega, Eresma, Adaja, son menos importantes a excepción del Tormes, que se une al Duero en la frontera con Portugal.

Desde el punto de vista geológico, la zona en estudio constituye una gran cubeta de origen tectónico que se fue rellenando durante el Terciario con sedimentos que alcanzan un espesor medio superior a los 1.000 m.

Entre los materiales de relleno predominan los de tipo detrítico (arenas, limos y arcillas en el centro, y areniscas y conglomerados cerca de los bordes). En una gran zona central, de forma groseramente triangular, sobre los materiales detríticos existen margas o margas yesíferas coronadas por calizas que la erosión ha reducido a islotes de mayor o menor extensión.

El Terciario se encuentra parcialmente recubierto por formaciones pliocuaternarias (rañas, aluviales, terrazas, etc.) entre las que destacan, por su influencia en el funcionamiento hidrogeológico de la Cuenca, los extensos arenales situados al Sur del Duero, en las provincias de Avila, Segovia y Valladolid. Se pueden distinguir dos tipos de acuíferos, los superficiales, libres, y los profundos, confinados o semiconfinados. Excepto en algunos casos particulares ambos tipos de acuíferos están estrechamente relacionados entre sí.

- **Acuíferos superficiales.** Entre los acuíferos superficiales se pueden citar los páramos calcáreos de Cuéllar, el Duratón y Torozos, los páramos de rañas de León y Norte de Palencia, los arenales del Sur del Duero (Avila-Segovia-Valladolid) y los aluviales de los ríos.

Todos ellos se encuentran próximos a la superficie del terreno, se comportan como acuíferos libres y se recargan por la infiltración del agua de lluvia y por los excedentes de riegos con aguas superficiales, que percolan en profundidad.

- **Acuíferos profundos.** Están formados por los materiales del Terciario detrítico que rellenan la cubeta del Duero, cuyo espesor crece rápidamente desde los bordes hacia el centro de la Cuenca, donde alcanza más de 1.000 m; en las cercanías de Burgos y Aranda de Duero existen espesores superiores a 2.000 y 3.000 m respectivamente. Se trata, por consiguiente, del mayor acuífero peninsular tanto por su extensión (43 450 km²) como por su espesor, siendo sus límites hidrogeológicos: Al Norte, los materiales paleozoicos de la Cordillera Cantábrica (principalmente cuarcitas y pizarras y algunas areniscas y calizas en las cabeceras del Porma y el Esla), al Este y Noroeste el Mesozoico de la Cordillera Ibérica; al Sur, el Sistema Central, fundamentalmente granítico en su sector oriental (Ávila) y cuarcítico o pizarroso en su sector occidental (Salamanca) y al Oeste, los afloramientos graníticos de las tierras de Sayago y las cuarcitas y pizarras paleozoicas de la Sierra de la Culebra, Sanabria y Montes de León.

El Terciario se caracteriza por sus frecuentes variaciones de facies encontrándose todas las gradaciones intermedias entre arenas limpias y arcillas, de modo que las capas propiamente acuíferas (arenas) se encuentran anglobadas en una matriz limo-arcillosa semipermeable, comportándose el conjunto como un acuífero heterogéneo y anisótropo.

En la parte central de la Cuenca, el acuífero está confinado por un potente paquete de margas, a veces yesíferas, impermeables. En el resto de la Cuenca el acuífero se comporta como confinado o semiconfinado según sea la permeabilidad de la matriz.

Atendiendo el esquema general del flujo se han dividido los sistemas 8 y 12 en cinco regiones hidrogeológicas.

En la región de los Arenales, que ocupa la margen izquierda del Duero hasta la divisoria con el río Tormes y el Sistema Central, el flujo es tridimensional y actúa como única vía de drenaje el propio río Duero.

En la región del Esla-Valderaduey, que coincide aproximadamente con las cuencas de ambos ríos, el flujo subterráneo se dirige desde los interfluvios hacia los ríos Orbigo, Esla, Torío, Porma, Cea, etc., drenando el río Duero una fracción relativamente pequeña del total.

En la región Central o de los Páramos, el flujo en el acuífero Terciario, confinado por la facie "Cuesta" margo-yesífera, es bidimensional horizontal progresando desde los bordes hacia la confluencia de los ríos Duero y Pisuerga.

La región de la Ibérica, que incluye las cuencas de los ríos Pisuerga, Arlanzón, Arlanza, Duero y Riaza, desde que penetran en la Meseta hasta que alcanzan la región de los Páramos, tiene una alimentación subterránea procedente del Mesozoico de la Cordillera Ibérica, produciéndose un flujo complejo tridimensional todavía poco conocido por la escasez de datos allí existentes.

La región Suroeste finalmente, corresponde a la parte del Terciario detrítico que es drenada por los ríos Tormes, Agueda y Yeltes. Incluye la Cuenca Terciaria del Tormes y la cubeta de Ciudad Rodrigo.

El bombeo que afecta a los acuíferos profundos de la Cuenca asciende a unos 405 hm³/año, siendo la zona de Los Arenales la sometida a una explotación más intensa.

El Sistema 8-12 tiene unos recursos de 1.760 hm³/año de los que el acuífero terciario aporta unos 1.000 hm³/año; recibe de los restantes, fundamentalmente del Sistema nº 10, unos 100 hm³/año.

En general los acuíferos profundos se recargan a partir de la infiltración del agua de lluvia, que es retenida temporalmente por los acuíferos superficiales libres (arenales) y cedida lentamente por goteo, por entradas subterráneas procedentes de los bordes paleozoicos y del borde de la Ibérica y por retornos de riegos con aguas superficiales.

En el cuadro adjunto se expresan los recursos y explotación de los acuíferos superficiales y profundos.

ACUIFEROS SUPERFICIALES Y PROFUNDOS DE LA CUENCA DEL DUERO

ACUIFERO	Superficie acuífero (km ²)	Espesor (m)	Tipo de acuífero	Recursos (hm ³ /año)	Explotación (hm ³ /año)			OBSERVACIONES
					Urb.	Ind.	Agr.	
(S) Páramos calcáreos								
— Mesa de Cuéllar	555	50	Kárstico	66	-1-		10	55 hm ³ /año drenados por manantiales
— Páramo del Duratón	300	—	Kárstico	73	0	0	0	73 hm ³ /año drenados por manantiales
— Páramo de Torozos	975	6-8	Kárstico	50	-0,8-		5-8	Menor importancia hidrogeológica
(S) Páramos de rañas	2.045	5-30	Detrítico	—	—	—	—	Acuífero pobre
(S) Arenaless de La Moraña y Tierra de Pinares	6.000	5-15	Detrítico	325	—	—	50	275 hm ³ /año pasan a los acuíferos profundos
(S) Aluviales de los ríos	—	3-10	Detrítico	—	—	—	—	Recursos ligados a los ríos que por ellos discurren. Pozos de 2-10 m de escaso caudal (5-20 l/s).
(P) Región de Los Arenales	7.632	1.000	Detrítico	440			-230-	210 hm ³ /año drenados a los ríos. Problemas de sobreexplotación por inadecuada distribución de los sondeos.
(P) Región Norte o del Esla-Valderaduey	16.360	—	Detrítico	185			-65-	En 6.740 km ² las captaciones son surgentes. 120 hm ³ /año son drenados a los ríos.
(P) Región Centro o de Los Páramos	6.634	—	Detrítico	6	0	0	4	Es un acuífero confinado y los aportes son laterales únicamente. Es muy pobre.
(P) Región Este o de la Ibérica	8.456	—	Detrítico	235			-10-	220 hm ³ /año drenados a los ríos y 5 hm ³ /año se ceden a la región de Los Páramos
(P) Región Suroeste o del Tormes	4.373	300	Detrítico	110	0	0	15	85 hm ³ /año drenados por el Tormes y 10 hm ³ /año se ceden a la región de Los Arenales
(P) acuífero profundo								
(S) acuífero superficial.								

Actualmente se utilizan en la zona 2.310 hm³/año que se distribuyen de la siguiente forma:

Usos	Aguas superficiales (hm ³ /año)	Aguas subterráneas (hm ³ /año)
Abastecimiento	110	45
Industria	50	0
Regadío	1.640	465
	<hr/> 1.800	<hr/> 510

Las aguas subterráneas representan una sexta parte de los recursos totales de la Cuenca, pero, debido a la falta de obras hidráulicas, representan casi la cuarta parte del total utilizado.

Todas las capitales de provincia (786.000 habitantes) se abastecen con aguas superficiales y prácticamente la totalidad del resto de la población (800.000 habitantes) se abastece con aguas subterráneas, por lo que se puede admitir con suficiente aproximación que 110 hm³/año proceden de ríos y 45 hm³/año son de origen subterráneo.

Desde el punto de vista práctico es interesante señalar que la demanda para el abastecimiento de la población rural ofrece una gran dispersión geográfica y que los caudales puntuales necesarios son siempre pequeños (inferiores a 1 ó 2 l/s en el 80 por ciento de los casos). Ambas características hacen que sea muy idóneo su abastecimiento con pozos o sondeos.

Las dotaciones para el abastecimiento de la población incluyen las necesidades de agua para las industrias próximas a los núcleos urbanos.

En la cuenca del Duero se riegan en total unas 330.000 ha de las cuales unas 105.000 se riegan con agua subterránea, lo que supone un consumo de unos 465 hm³/año. Los regadíos con agua subterránea se concentran sobre todo en la cuenca del Esla y en el Duero inferior.

Deben existir unos 2.000 sondeos destinados a abastecimientos urbanos e industriales y de 5.000 a 6.000 sondeos para regadío. En número de pozos ordinarios supera probablemente los 20.000 y las longitudes de las perforaciones suman seguramente más de 1.000 km.

Se han identificado 3 zonas con problemas de sobreexplotación de aguas subterráneas:

- Zona de La Moraña
- Valle del Esgueva
- Zona de Olmedo

Calidad de las aguas subterráneas

La Cuenca Terciaria del Duero puede dividirse en tres zonas atendiendo a la calidad del agua subterránea.

- Areas de recarga: Coinciden a grandes rasgos con una extensa área periférica.
- Zona margo-yesífera: Ubicada en la parte Centro-Oriental de la Cuenca.
- Area de descarga: Se sitúa en una amplia zona central coincidente con el río Duero desde Valladolid hasta Zamora.

Se dispone de 452 análisis de muestras tomadas de 217 puntos. El límite admisible de cloruros

SISTEMA ACUIFERO 8 TERCARIO DETRITICO CENTRAL DEL DUERO.

□ PRIMAVERA

△ OTOÑO

CAMPAÑA

PRIMAVERA

OTOÑO

80

154

71

82

57

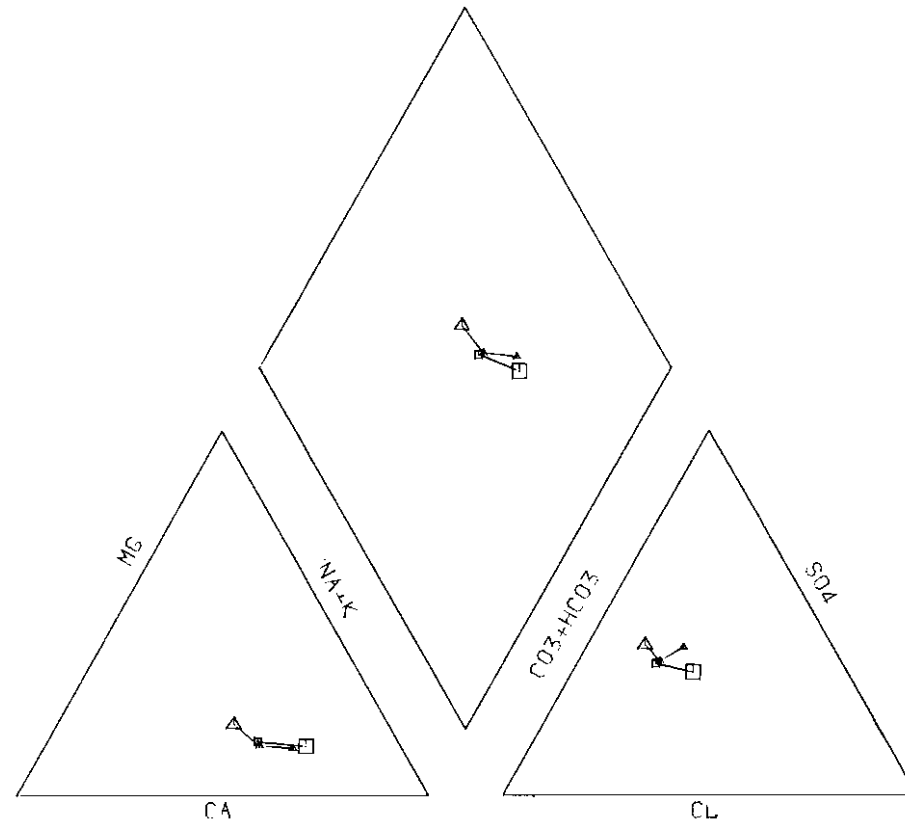
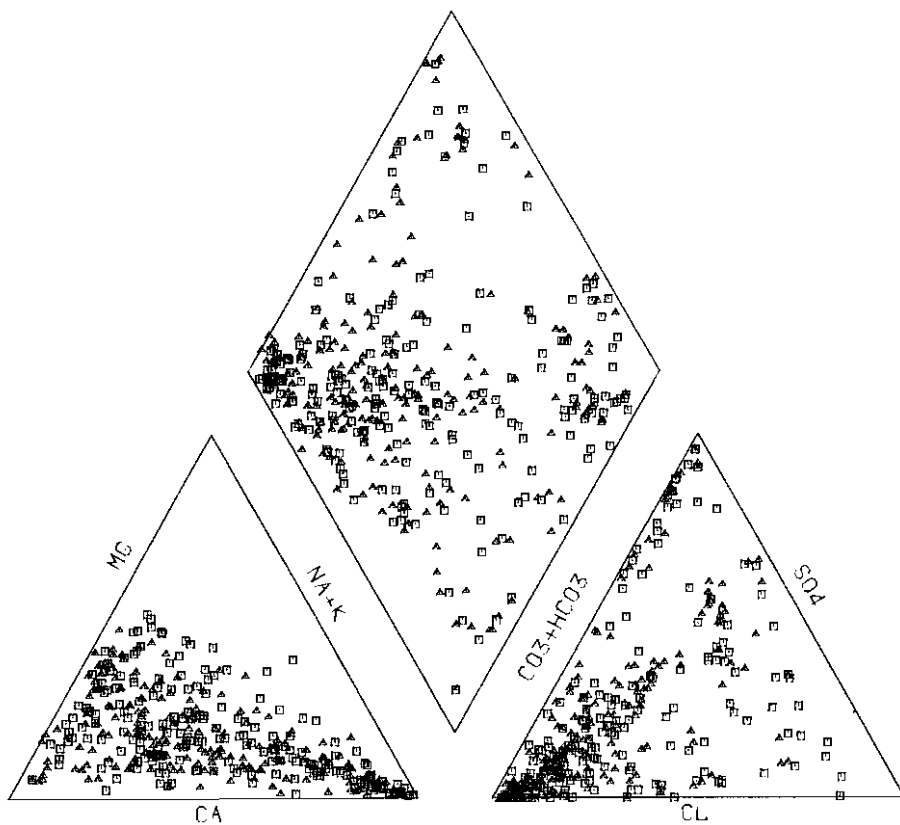
65

83

-

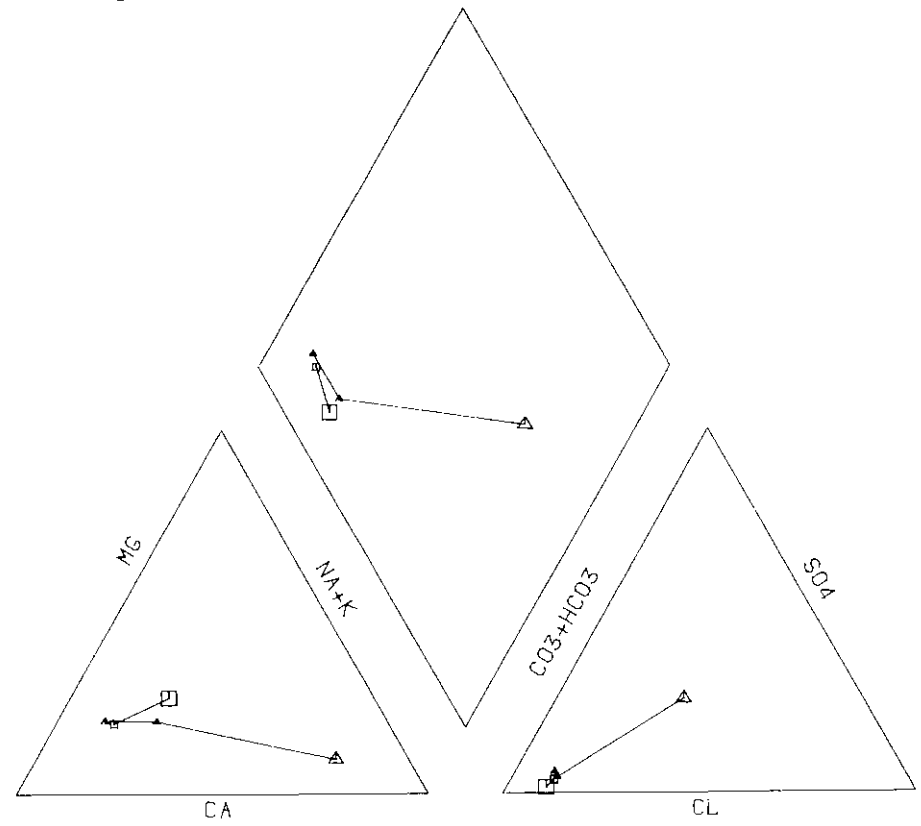
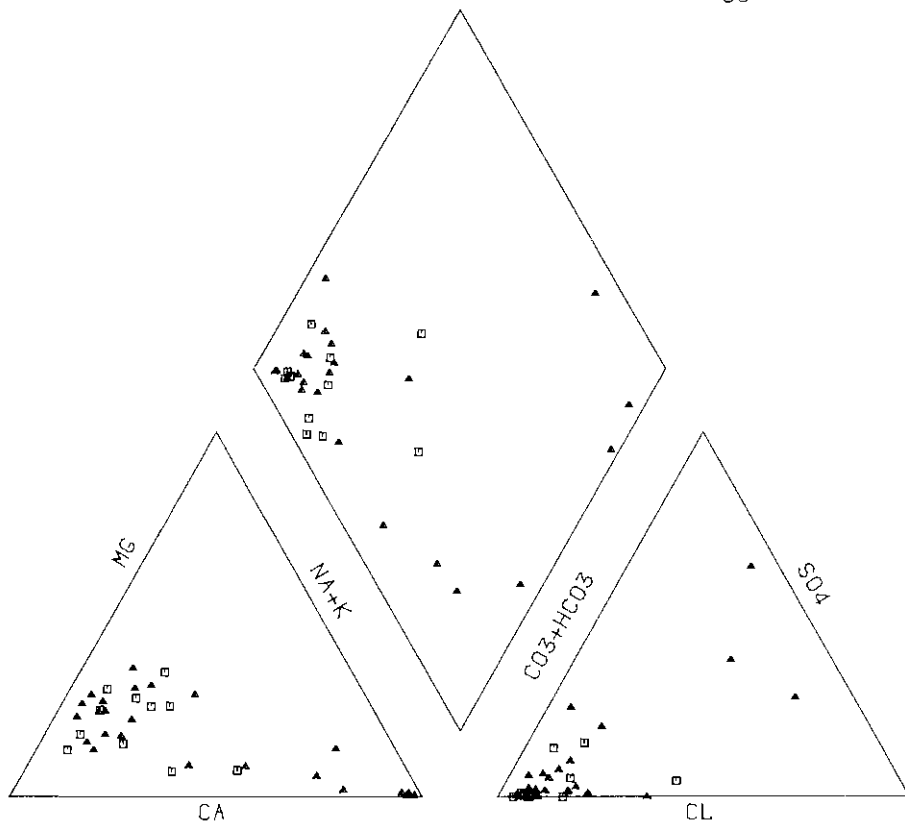
71

39



SISTEMA ACUIFERO 12 Terciario Conglomeratico de Zamora-Salamanca.

	CAMPANA	PRIMAVERA	OTOÑO
□	80	5	11
△	82	6	6
	83	-	6



para el consumo humano (350 mg/l) se supera en zonas como Valladolid, Palencia, la franja del Duero próxima a Tordesillas y el área de Villafáfila, en las que se sobrepasan 900 mg/l.

En grandes extensiones los sulfatos superan el máximo admisible por la R.T.S. (400 mg/l). Estas áreas coinciden con el Terciario margo-yesífero de la parte Centro-Oriental de la Cuenca, donde se superan 2.400 mg/l. Las concentraciones de bicarbonatos no suelen superar 500 mg/l.

Los contenidos en sodio y potasio se mantienen por debajo de 10 mg/l en toda la zona Norte y parte de la Oriental, aumentando la concentración hacia el Centro de la Cuenca, en el eje Benavente-Villafáfila-Manganeses y en el Terciario margo-yesífero, donde se llegan a superar 500 mg/l de sodio, e incluso 1.000 mg/l en puntos aislados. Como norma general las concentraciones superiores a 500 mg/l de sodio se encuentran donde existen cloruros y en aquellos lugares que se asocian a sulfatos.

Solo el 4% de los puntos superan el límite tolerable de 200 mg/l de calcio marcado por la R.T.S. Los mayores valores se encuentran en las zonas de Cigales y Portillo con concentraciones de 570 y 400 mg/l respectivamente. El magnesio está en un 81% por debajo de 50 mg/l (límite tolerable según la R.T.S.) y sólo en puntos aislados de las zonas de Portillo, Cigales y Castrogeriz se superan 200 mg/l, sin llegar a 250 mg/l.

El residuo seco está en un 19% de los casos por encima de 1.500 mg/l (límite tolerable por la R.T.S.) y en un 63% por debajo de 600 mg/l. Los valores más elevados corresponden al centro de la Cuenca.

La conductividad aumenta hacia el centro de la Cuenca, llegando a alcanzar valores superiores a 1.000 microsiemens/cm en el eje Benavente-Manganeses de la Lampreana hasta casi Zamora, en la franja que se extiende desde el Norte de Toro hasta Tordesillas, y finalmente, en una amplia zona entre Olmedo-Cuéllar y Burgos, coincidiendo esta última de manera aproximada con el triángulo margo-yesífero. En los bordes del Terciario detrítico la conductividad suele ser inferior a 500 microsiemens/cm, siendo incluso inferior a 300 en el borde Norte. Valores superiores a 3.000 microsiemens/cm se encuentran entre Valladolid y Medina de Rioseco, Castrogeriz, Tordesillas y Portillo; en las zonas de Benavente y Villafáfila se llegan a superar los 500 microsiemens/cm. Finalmente valores superiores a 6.000 microsiemens/cm pueden encontrarse en las zonas de Portillo, Dueñas y Villalpando.

En gran parte de la zona occidental del dominio margo-yesífero, zonas de Coreses-Toro-Manganeses-San Pedro de Latorce-Villafáfila-Villalpando-Benavente-Valderas-Tordesillas-Portillo-Olmedo y parte de Arévalo presentan aguas con un SAR elevado, oscilando entre 18 y 198. Con los valores de conductividad y SAR indicados, las aguas de estas zonas son de los tipos C_3S_3 y C_4S_4 , de mala calidad para riego, con alto peligro de alcalinización y salinización del suelo.

En el resto de la cuenca predominan las aguas de los tipos C_2S_1 y C_2S_2 que pueden utilizarse en todos los suelos y en cualquier tipo de cultivo.

En cuanto a los acuíferos superficiales se define la calidad en función de las unidades siguientes:

- Páramos calcáreos: son muy carbonatados y presentan bajos contenidos en cloruros y sulfatos. El total de sólidos disueltos es inferior a 700 mg/l.
- Páramos de rañas: el agua es de baja salinidad, en general inferior a 500 mg/l de sólidos disueltos. Sus peculiaridades más notables son la presencia de un alto contenido en nitratos y el aumento de salinidad a medida que se avanza hacia el Sur, circunstancia esta última, que puede estar relacionada con una mayor intensidad de abonado de los cultivos.
- Los Arenales se encuentran también con una baja concentración iónica en sus aguas, si bien

éstas no son potables por su alto contenido en nitratos, procedentes sin duda de los fertilizantes agrícolas. No obstante conviene destacar el hecho de que el agua analizada de los Arenales ha presentado siempre mejor calidad química que la de los acuíferos terciarios subyacentes.

La calidad en los acuíferos aluviales está muy condicionada por el régimen de los ríos y por la calidad de sus aguas. En general se puede decir que se observa un empeoramiento de la calidad en el sentido de aguas abajo del río respectivo. Por otra parte en las zonas de descarga del flujo subterráneo del Terciario el tipo de agua depende, además, de la cantidad de mezcla y de la calidad del agua del Terciario.

Contaminación

En una gran zona centro-occidental de la Cuenca comprendida entre Olmedo, Valladolid, Valderas y Villafáfila, se han detectado aguas con alto contenido en sales disueltas (conductividad entre 2.000 y 6.000 microsiemens/cm). Todavía no se conoce bien el origen de esta elevada salinidad, aunque se supone que es debida al largo recorrido del agua subterránea o a la existencia de depósitos salinos englobados en el Terciario detrítico.

El problema es especialmente agudo en la zona de Villafáfila donde se han tenido que abandonar numerosas parcelas, antes regadas con sondeos o pozos, por la salinización del suelo. Coincide esta zona con un área de descarga de aguas subterráneas como lo demuestra la existencia de lagunas y el drenaje por el río Salado.

En el resto, aunque el problema no es tan agudo como en Villafáfila, se ha encontrado aguas salinas a profundidades variables (100 m en Olmedo y Tordesillas, 200 m en Villalpando, etc.) que han obligado al abandono de las perforaciones más profundas y a reducir las de las nuevas.

En casi toda la zona, la agricultura es floreciente y se prevé un aumento de las extracciones de aguas subterráneas por iniciativa privada, lo que puede provocar un empeoramiento de la calidad por salinización.

En los Páramos de rañas y en los Arenales se encuentran aguas con un alto contenido en nitratos que proceden probablemente de los fertilizantes agrícolas.

Recomendaciones

Las aguas subterráneas deben utilizarse para abastecer la multitud de pequeños núcleos urbanos dispersos por toda la cuenca y a una gran parte de los regadíos privados. Siempre que sea posible se utilizarán sondeos profundos para los abastecimientos urbanos, pues los acuíferos superficiales son muy vulnerables a la contaminación. Si el abastecimiento se realiza mediante pozos poco profundos, debe establecerse un perímetro de protección adecuado.

Se recomienda también una explotación coordinada de las aguas superficiales y subterráneas.

En los futuros planes de riegos con aguas superficiales deberá tenerse en cuenta el efecto beneficioso que pueden producir en las aguas subterráneas los sobrantes de riego que se infiltran en el terreno. Actualmente, los regadíos con aguas superficiales se encuentran sobre los cuaternarios de los ríos o muy próximos a ellos, coincidiendo con las zonas en las que el flujo subterráneo del Mioceno detrítico es ascendente. Por esta razón los sobrantes de riegos son directamente drenados por los ríos sin recargar los acuíferos profundos. Por el contrario, situando los regadíos con aguas de ríos en las zonas de recarga de los acuíferos profundos se originará una importante recarga inducida en los mismos que, en primera aproximación, se puede suponer comprendida entre el 10 y el 30 por ciento de agua aplicada para riego según sea el sistema utilizado y su eficacia. De acuerdo con estas ideas sería aconsejable, como norma general, estudiar la posibilidad de intensificar los regadíos con aguas subterráneas en las proximidades de los ríos (en general zona de descarga) y de ubicar los regadíos con aguas superficiales en los interfluvios y

hacia los bordes de la Cuenca Terciaria (generalmente zonas de recarga). La distribución actual de los regadíos es justamente la contraria, y por eso comienzan a observarse algunos problemas de sobreexplotación.

En la zona centro-occidental de la Cuenca comprendida entre Olmedo, Valladolid, Valderas y Villafáfila, teniendo en cuenta que la salinización del acuífero es prácticamente irreversible, es preciso estudiar el problema sin demora para buscar la solución más adecuada. Mientras tanto se recomienda no promover el establecimiento de nuevos regadíos en la zona, o al menos limitar las profundidades de los nuevos sondeos a 100 m máximo.

El establecimiento de regadíos con aguas superficiales de buena calidad química, aguas arriba de la zona, tendría muy probablemente efectos beneficiosos.

Se recomienda continuar efectuando muestreos químicos con carácter semestral. Estos muestreos deben realizarse en los períodos de iniciación y finalización de riegos para lograr series históricas que permitan comparar datos homogéneos entre sí.

Por otra parte y en lo que se refiere fundamentalmente a la red de vigilancia de detalle, puesto que uno de sus objetivos principales es delimitar las zonas conflictivas, deberá ir variando en el futuro ya que si se extienden estas zonas y se salinizan algunos puntos habrá que buscar otros nuevos que los sustituyan. Igualmente podrán cambiarse algunos puntos por otros si se comprueba que los nuevos procuran una mejor definición de los acuíferos que explotan y de la procedencia del agua.

2.2. SISTEMA Nº 9. "UNIDAD KARSTICA DEL NORTE DE LEON, PALENCIA Y BURGOS"

Se halla situado al Norte de las provincias de León, Palencia y Burgos y está constituido por diversos afloramientos aislados que en conjunto tienen una extensión de 250 km².

Los materiales acuíferos son calizas y dolomías mesozoicas adosadas al Paleozoico de la Cordillera Cantábrica.

Los recursos estimados del sistema son de unos 30 hm³/año.

No se dispone de datos acerca de la calidad de las aguas subterráneas del sistema ni sobre los posibles focos de contaminación del mismo.

Recomendaciones

En caso de que el acuífero vaya a ser explotado, es recomendable crear una red de vigilancia para controlar la calidad de las aguas subterráneas en cuanto a su potabilidad y uso para regadío.

2.3. SISTEMA Nº 10. "UNIDAD KARSTICA MESOZOICA DEL EXTREMO SEPTENTRIONAL DE LA IBERICA"

Comprende por una parte los materiales calcáreos mesozoicos de la Cordillera Ibérica, que bordean el Terciario desde Burgos hasta Soria. Esta zona, tiene una extensión aproximada de 1.460 km². Por otra parte está constituido también por materiales jurásicos y cretácicos situados al Sur del sistema 88 (10 bis) y que en parte pertenecen a la Cuenca hidrográfica del Tajo. Este último sector

SISTEMA ACUIFERO 10 UNIDAD KARSTICA MESOZOICA DEL EXTREMO SEPT. DE LA IBERICA.

□ PRIMAVERA

△ OTOÑO

CAMPAÑA

PRIMAVERA

OTOÑO

81

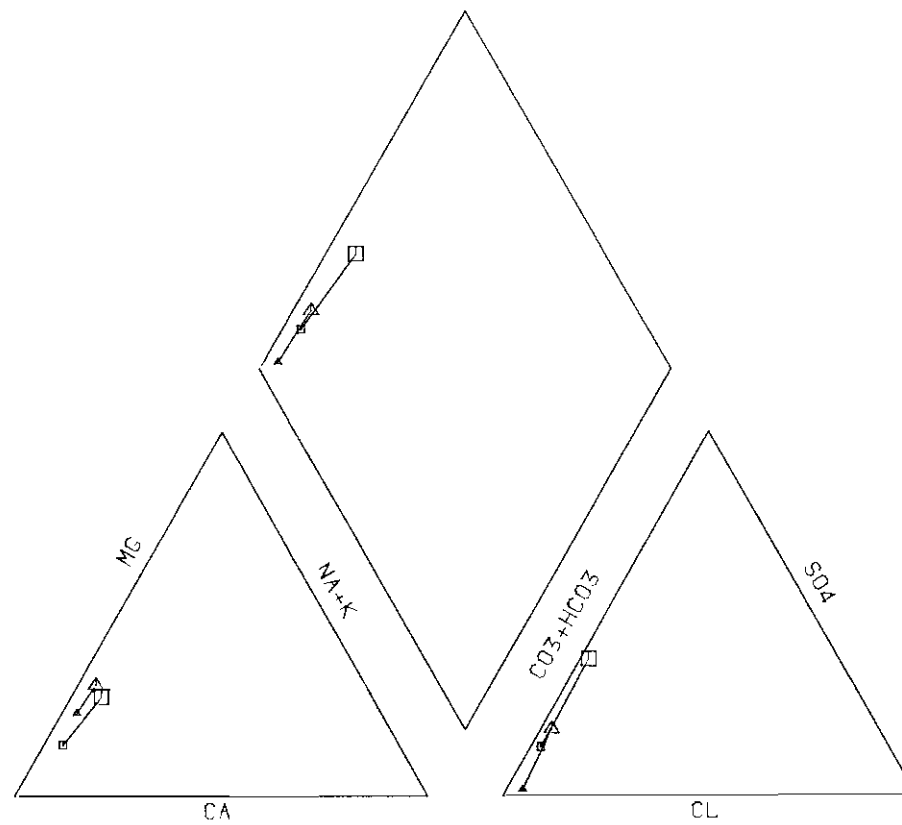
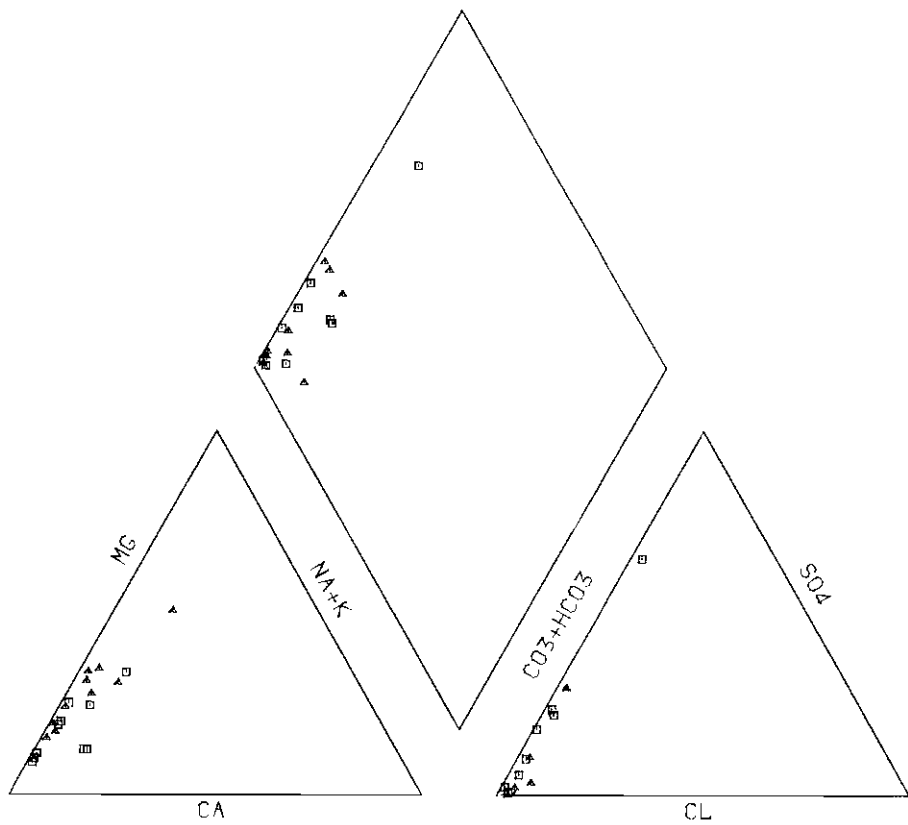
7

6

82

6

6



está formado por un afloramiento Jurásico, de unos 100 km² de superficie, que se pone en contacto mecánico mediante la falla de Somolinos con el Cretácico superior dolomítico de una extensión de unos 150 km². En conjunto forma una cubeta alargada y arqueada de 35 km de longitud y 8-10 km de anchura rodeada de materiales impermeables Triásicos y Paleozoicos, salvo en el extremo oriental donde conecta con el resto del sistema.

Los recursos globales de este sistema se han estimado para un año medio en 230 hm³/año, de los que 25 hm³/año corresponden a la cuenca del Tajo. Las reservas oscilan entre 2.000 y 6.000 hm³. El consumo de agua subterránea para abastecimiento e industria es de 1,5 hm³/año, siendo casi nulo en agricultura.

Las salidas de agua subterránea se distribuyen de la forma siguiente:

- Drenaje por fuentes en los bordes del acuífero (62 hm³/año).
- Drenaje por el río Arlanza (79 hm³/año).
- Drenaje por el río Ucero (63 hm³/año).
- Drenaje a la cuenca del Tajo (25 hm³/año).
- Bombeos (1,5 hm³/año).

Calidad de las aguas subterráneas

Se dispone de los resultados de 25 análisis tomados en 1981 y 1982 en las proximidades del Portillo, Horna, Sienes y Cincovillas.

Las aguas son de facies bicarbonatada cálcico-magnésica y ninguno de sus iones presentan concentraciones superiores a los valores tolerables indicados por la R.T.S. En general las concentraciones de cloruros oscilan entre 2 y 20 mg/l, las de sodio entre 1 y 6 mg/l, las de sulfatos entre 1 y 100 mg/l, las de calcio entre 40 y 110 mg/l, y las de bicarbonatos entre 180 y 400 mg/l. El residuo seco oscila entre 200 y 450 mg/l, la conductividad entre 400 y 650 microsiemens/cm y el SAR entre 0,24 y 1,80. Son por tanto aguas de excelente calidad química, potables y buenas para el riego, de la clase C₂S₁. En un análisis de primavera de 1981, de la zona de Barahona se obtuvieron resultados anormalmente altos de sulfatos (520 mg/l), calcio (156 mg/l), sodio 19 mg/l, potasio (13 mg/l) y residuo seco (1.084 mg/l). Dichos valores vuelven a bajar al año siguiente quedando en 54 mg/l, 72 mg/l, 5 mg/l, 7 mg/l y 370 mg/l respectivamente.

Contaminación

No se tienen datos sobre los posibles focos de contaminación de las aguas subterráneas.

Recomendaciones

Del Sistema acuífero nº 10, sólo se tienen análisis de agua subterránea en la zona de Sigüenza y Atienza, que constituye únicamente una pequeña parte del sistema. Es, por tanto, conveniente recoger información del resto del sistema y crear una red de vigilancia donde se realice como mínimo una toma de muestras y análisis anual para controlar la calidad de sus aguas.

2.4. SISTEMA Nº 10 BIS (88). "TERCIARIO DEL SURESTE DE SORIA"

Características generales

El Sistema 10 bis (88) está constituido por materiales que desde los inicios del Terciario se han depositado al Sureste de Soria formando la denominada Cubeta de Almazán. Limita al Este con depósitos terciarios de la Cuenca del Ebro, al Norte y al Sur con los afloramientos de calizas

mesozoicas del sistema número 10 (Unidad kárstica mesozoica del extremo septentrional de la Ibérica), y al Oeste con el sistema número 8 (Terciario detrítico central del Duero) a través de los afloramientos calizos del Burgo de Osma. Ocupa una extensión aproximada de 3.100 km².

El acuífero detrítico que forma la Cubeta de Almazán está constituido por las formaciones permeables de arenas, areniscas y conglomerados englobadas en una matriz arcillosa y arcillo-arenosa de naturaleza semipermeable. El conjunto, a pesar de su heterogeneidad, puede considerarse como un acuífero único pero no aislado, sino hidrogeológicamente conectado con los materiales mesozoicos del Sistema nº 10 que lo bordean, y muy influenciado por los materiales mesozoicos del zócalo que en ocasiones afloran en superficie.

De los depósitos modernos cabe destacar las terrazas y aluvial del río Duero y los aluviales de escaso volumen pero de gran extensión superficial que ocupan los fondos de la mayoría de los valles. En el centro de la cuenca continental se estima que se alcanzan espesores superiores a los 500 metros.

La red fluvial está constituida por una serie de ríos, todos ellos afluentes del Duero que atraviesa la cubeta de NE a O.

La zona está poblada con unos 58.000 habitantes distribuidos en 59 municipios (Soria tiene unos 32.000 habitantes); el resto se reparte en poblaciones que normalmente no superan los 1.000 habitantes.

Existen 6.697 ha permanentes de regadío y 249 ha eventuales. El consumo medio de agua para regadío es de 4.500 m³/ha/año.

Las demandas totales de agua superficiales y subterráneas se expresan en el siguiente cuadro:

DEMANDA TOTAL DE AGUA

Aguas superficiales:	Abastecimiento y pequeñas industrias	4 hm ³ /año
	Agricultura	30,7 hm ³ /año
Aguas subterráneas:	Abastecimiento y pequeñas industrias	0,94 hm ³ /año
	Agricultura	0,14 hm ³ /año

Como puede verse el índice de explotación de las aguas subterráneas en la Cubeta de Almazán es muy bajo ya que de los 35,8 hm³/año utilizados sólo 1,1 hm³/año corresponden a aguas subterráneas.

En el futuro podrían cubrirse las demandas urbanas de agua con la ejecución de sondeos de mediana profundidad, ya que los caudales necesarios son de pequeña magnitud.

Es de suponer también que en futuro no aumentará el regadío con aguas subterráneas debido a la disponibilidad de aguas superficiales abundantes con infraestructura de canales y acequias ya creada y porque los caudales medios que se obtienen con sondeos son bastante moderados por lo que el coste por hectárea puesta en regadío resulta bastante elevado.

No es fácil establecer un balance hídrico del sistema acuífero debido a la escasez de datos y a que se encuentra conectado hidráulicamente con otros sistemas acuíferos. Se alimenta por infiltración de agua de lluvia y por aporte de agua subterránea a partir del acuífero calizo que constituye el Sistema nº 10; parecen existir más entradas subterráneas, que no se cree tengan

mucha importancia, en el Terciario que limita con la cuenca del río Jalón, perteneciente a la Cuenca del Ebro.

El río Duero constituye la principal vía de drenaje del sistema, recibiendo en un año medio unos 7,3 m³/s. La mayor parte de estos drenajes se produce a través de los afloramientos de calizas mesozoicas existentes en la zona. Se producen además otras salidas hacia el Sistema nº 8 a través del Terciario que no se han podido cuantificar.

Un balance hídrico aproximado para un año medio es el siguiente:

Entradas (hm ³ /año)	
Infiltración agua de lluvia	150
Aportes subterráneos del Sistema nº 10	95
Total	245
Salidas (hm ³ /año)	
Bombesos	1
Drenajes a ríos y salidas al Sistema nº 8	244
Total	245

Calidad de las aguas subterráneas

Se dispone de los resultados de análisis químicos de 6 muestras tomadas en 1983.

La conductividad oscila entre 300 y 880 microsiemens/cm; los valores superiores a 500 microsiemens/cm se detectan principalmente en las zonas situadas al Este de la Cubeta.

Dado que la dirección predominante del flujo subterráneo tiene sentido E-O, la disminución del contenido de sales de las aguas subterráneas en esta dirección indica aportes de agua con menores contenidos iónicos que sin duda proceden de los acuíferos calizos del Sistema nº 10, que bordea la cubeta.

Los cloruros oscilan entre 7 y 71 mg/l. Los sulfatos superan 100 mg/l en cinco de los puntos analizados, que se sitúan en la zona Noroccidental, cerca de la divisoria con el río Jalón en cuyas proximidades existen afloramientos del Keuper. El valor medio del contenido en bicarbonatos es de 244 mg/l.

En tres análisis se superan los 50 mg/l de nitratos (máximo permitido por la R.T.S.) llegando a 83 mg/l. Su origen puede ser debido a la utilización de fertilizantes nitrogenados en agricultura. Se encuentran además contenidos en nitritos en 7 puntos próximos a Burgo de Osma, Almazán y Almenar de Soria.

Los contenidos en sodio, calcio y magnesio están por debajo de los límites impuestos para las aguas que se utilicen en el consumo humano. En general, se trata de aguas con muy bajo contenido en sales, de facies predominante bicarbonatada cálcica. Excepcionalmente contienen nitritos y nitratos que puedan indicar contaminación de origen orgánico.

En cuanto a uso para riego, son aguas de excelente calidad debido a sus bajas conductividades y bajo S.A.R. estando clasificadas la mayoría como C₂S₁.

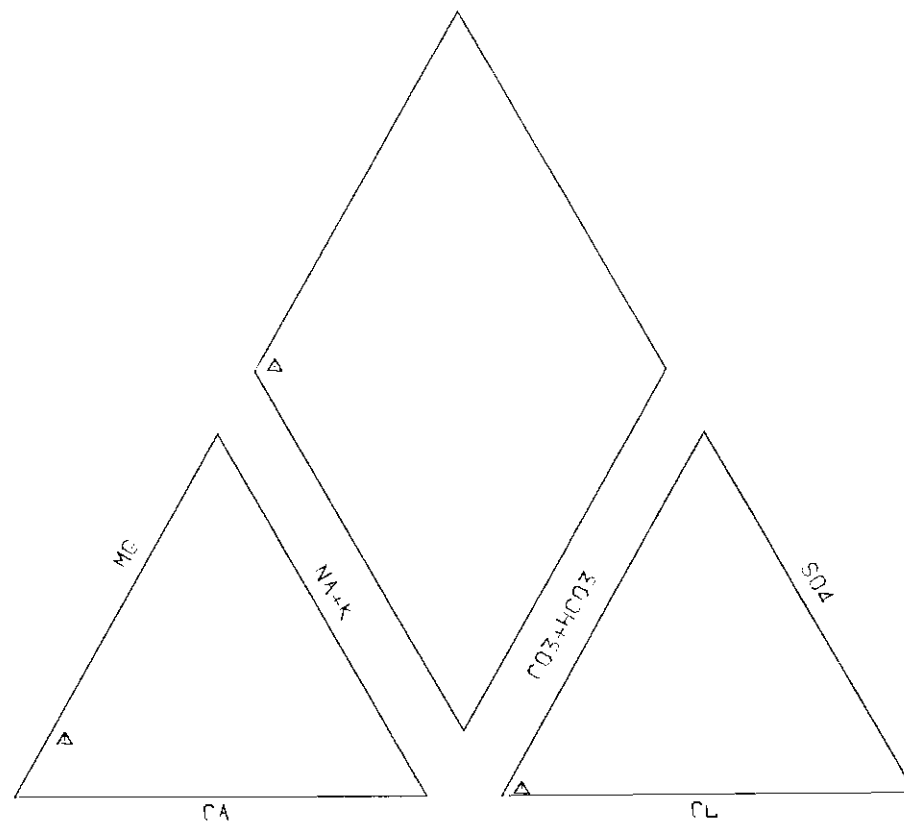
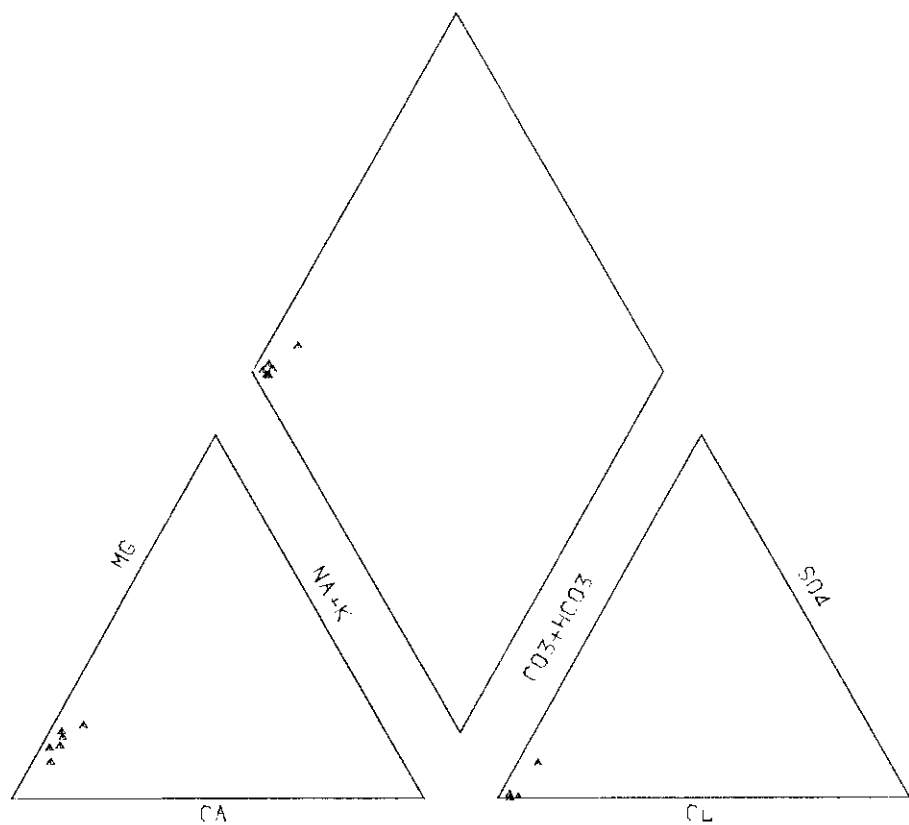
SISTEMA ACUIFERO 88 TERCARIO DEL SURESTE DE SORIA.

PRIMAVERA
 CAMPAÑA
 OTOÑO

83

..

6



Contaminación

En la zona estudiada apenas existe industria. Los contenidos en nitratos observados en algunos análisis pueden ser debidos al uso de fertilizantes en las prácticas agrícolas.

En la zona NO, cerca de la divisoria con el río Jalón existe un aumento de sales debido al contacto de las aguas subterráneas con el Keuper.

Recomendaciones

Aunque los recursos de agua subterránea están prácticamente sin utilizar, a la hora de planificar las posibles explotaciones, habrá que tener en cuenta las características hidráulicas del acuífero terciario que no permiten una concentración geográfica de las extracciones. En las áreas en que afloran los materiales del zócalo mesozoico las posibilidades de explotación son más favorables, dado que las características hidráulicas de estas formaciones son más adecuadas.

2.5. SISTEMA Nº 11. "CRETACICO CALCAREO DE SEGOVIA"

Características generales

Está constituido por las formaciones calcáreas adosadas a los granitos del Sistema Central, en las inmediaciones de Segovia (700 km²), y por los materiales detríticos del Terciario situados entre ellas y los afloramientos graníticos de Santa María de Nieva (1.650 km²).

Los recursos estimados del sistema son de 100 hm³/año.

Calidad de las aguas subterráneas

Se dispone de los resultados de 8 análisis químicos realizados en 1982 y 1983 en 4 puntos.

Dichos puntos se hallan en las proximidades de Tabanera de Luenga y Muñopedro y los otros dos en la zona de Cantalejo.

La facies predominante de las aguas es bicarbonatada cálcica.

El punto 1817-5001 presenta concentraciones de potasio (23 mg/l), magnesio (77 mg/l), nitratos (75 mg/l) y nitritos (5,3 mg/l) que superan los límites permitidos por la R.T.S. siendo sus aguas no potables. El punto 1718-4001, cerca de Tabanera de Luenga, tuvo en 1982 107 mg/l de nitratos, que se redujeron a 15 mg/l en 1983. El residuo seco es de unos 800 mg/l.

El resto de los puntos presentan agua de buena calidad química. Ninguno de sus iones supera la concentración máxima permitida por la R.T.S., estando en general muy por debajo de ella. El residuo seco no supera los 400 mg/l.

En cuanto a la calidad para riego las aguas son buenas, de la clase C₂S₁, excepto en el punto 1817-5001 donde es de la clase C₃S₁ con peligro medio de salinización del suelo.

Contaminación

Las aguas residuales de la ciudad de Segovia son vertidas al río Eresma; los residuos sólidos son depositados en un vertedero controlado situado en las afueras de la ciudad.

SISTEMA ACUIFERO 11 CRETACICO CALCAREO DE SEGOVIA.

□ PRIMAVERA

△ OTOÑO

CAMPAÑA

PRIMAVERA

OTOÑO

82

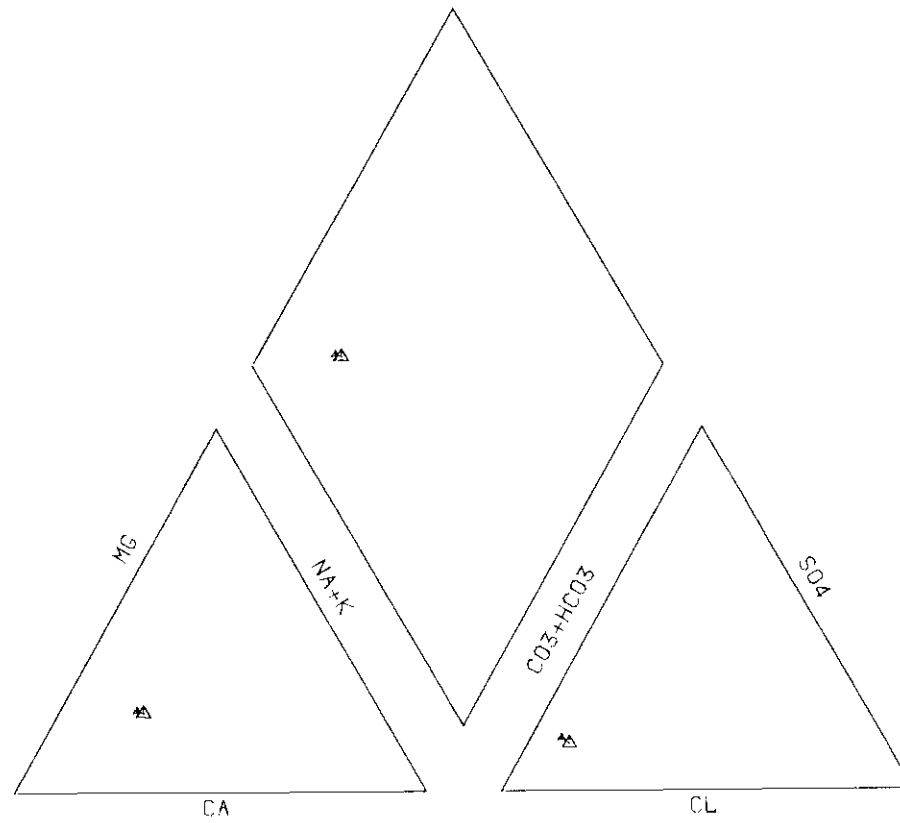
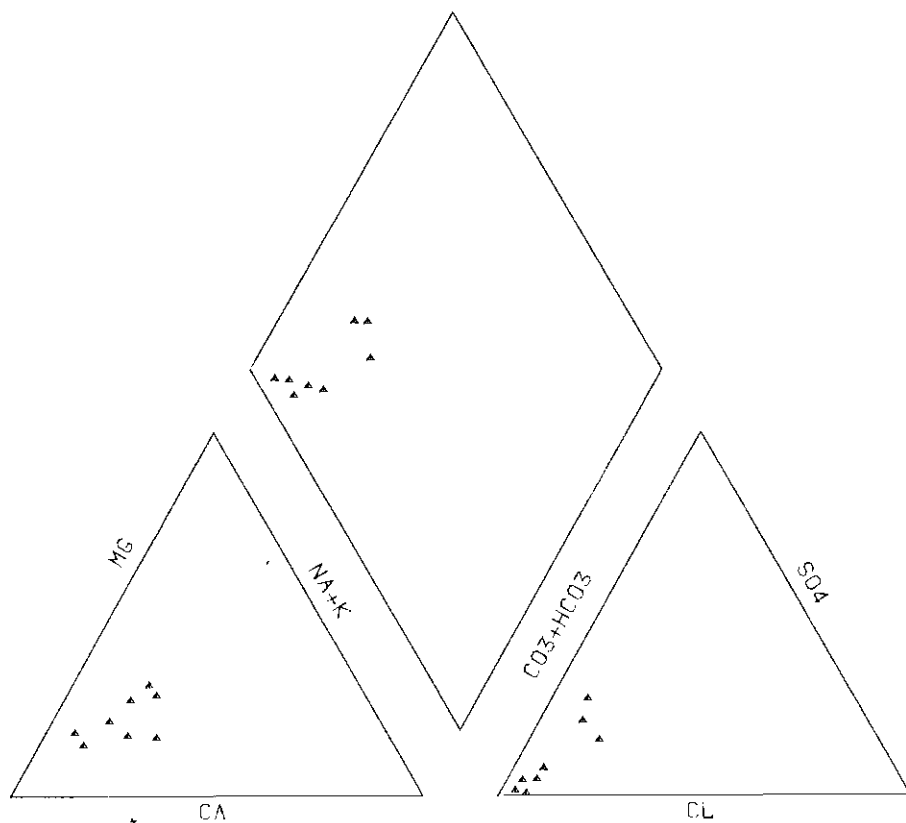
-

4

83

-

4



No se dispone de más datos sobre posibles focos de contaminación de las aguas subterráneas en el resto del sistema.

Recomendaciones

Es conveniente estudiar las causas que producen la contaminación por nitratos en el punto 1817-5001.

Únicamente se dispone de datos de calidad de las aguas subterráneas en una reducida zona del sistema por cuyo motivo se recomienda crear una red de calidad que incluya todo o la mayor parte del mismo, tomando muestras como mínimo dos veces al año para un control más riguroso de la calidad química de sus aguas.