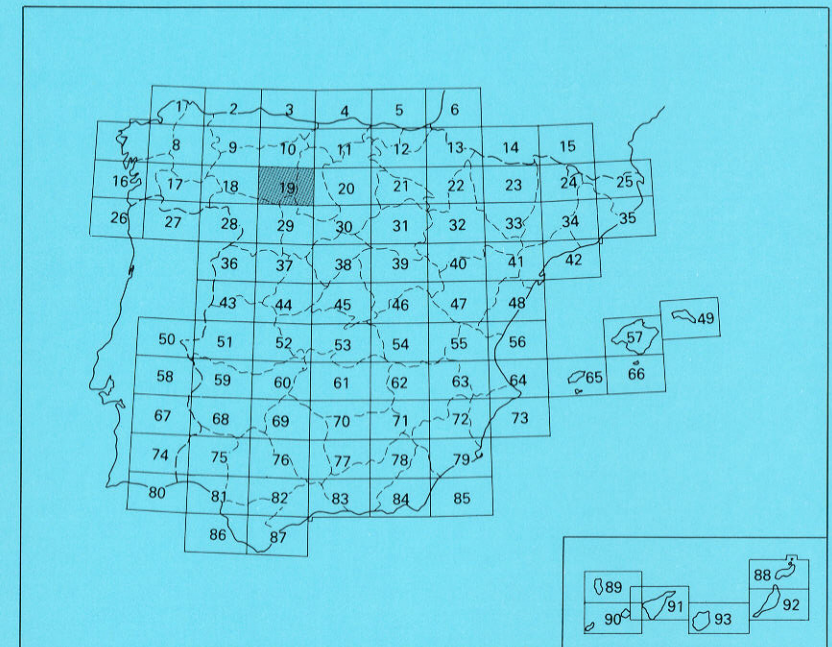




MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:200.000

Primera edición



MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:200.000

LEÓN

Primera edición

INDICE

1. PRESENTACIÓN.....	5
2. MARCO GEOLOGICO	7
2.1. ESTRATIGRAFIA	7
2.1.1. Paleozoico	7
2.1.2. Terciario	7
2.1.2.1. <i>Mioceno</i>	7
2.1.2.2. <i>Plioceno</i>	9
2.1.3. Cuaternario	9
2.2. TECTÓNICA.....	9
3. HIDROGEOLOGIA	11
3.1. ENCUADRE GENERAL DE LA HOJA	11
3.2. TERCARIO DE LA REGIÓN ESLA-VALDERADUEY	12
3.3. PÁRAMOS DE RAÑAS	16
3.4. ALUVIALES DE LOS RIOS	17
4. CALIDAD DEL AGUA	19
5. BIBLIOGRAFIA	21

1. PRESENTACIÓN

Una de las misiones del Instituto Tecnológico y GeoMinero de España (ITGE) es la realización y publicación de la cartografía hidrogeológica nacional, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 450/1979 de 20 de febrero.

Desde 1970 el ITGE viene realizando el estudio sistemático de las características hidrogeológicas de todas las cuencas españolas, determinando la ubicación de los acuíferos, evaluando su grado de explotación, sus características hidrodinámicas, la calidad y contaminación de las aguas subterráneas y estableciendo los valores de sus recursos y reservas, recomendando los esquemas más idóneos para su explotación y protección y sentando las bases para la integración de los recursos hidráulicos subterráneos en el marco de la planificación hidrológica global.

Los resultados de los estudios se vienen publicando por el ITGE como informes de síntesis a los que acompaña una cartografía específica de las áreas cubiertas por el estudio correspondiente. La documentación completa que ha permitido la preparación de dichos documentos de síntesis, se reúne y publica en reducido número de ejemplares destinados a los Organismos oficiales.

En base a los datos disponibles, se ha considerado el gran interés que presenta la publicación de mapas de síntesis hidrogeológica a escala 1:200.000 en forma de hojas de la cuadrícula topográfica oficial, en aquellas regiones en las que la información es más completa y abundante.

El objetivo del Mapa Hidrogeológico a escala 1:200.000 es, por una parte, mostrar en síntesis las características hidrogeológicas y de explotación de los acuíferos, y por otra ofrecer la información que permita la realización de estudios de mayor detalle.

La cartografía se realiza de acuerdo con las normas establecidas en 1974 por el Grupo de Trabajo de Aguas Subterráneas del Instituto de Hidrología, basadas en las normas UNESCO sobre mapas hidrológicos. Los mapas son por lo tanto cotejables a escala internacional con los producidos en el resto del mundo, y especialmente en los países de la Comunidad Económica Europea.

Los criterios de representación se han orientado en forma que el mapa pueda entenderse con una sucinta memoria explicativa. Con objeto de facilitar la labor de todo aquél que se interese en una información más detallada sobre la región cubierta por la hoja, se incluye una lista de referencias bibliográficas, que comprende no sólo los libros o informes publicados, sino todos aquellos documentos editados en reducido número de ejemplares y disponibles para su consulta en el Centro de Documentación del ITGE.

2. MARCO GEOLOGICO

La Hoja de León (n° 19) está situada en el cuadrante noroccidental de la Cuenca del Duero que constituye una gran cubeta con sedimentación de carácter continental rellena fundamentalmente por materiales detríticos de Terciario y Cuaternario.

Unicamente en el borde S.O. de la Hoja llegan a aflorar los materiales paleozoicos que constituyen, en esta zona, el sustrato Hercínico de La Cuenca del Duero; el resto está formado por una serie de facies del Mioceno (en general con distribución ONO—ESE), rañas atribuidas al Plioceno y terrazas y aluviales cuaternarios de los ríos y arroyos.

2.1. ESTRATIGRAFIA

2.1.1. Paleozoico

Está representado por unos pequeños afloramientos, situados en el límite suroccidental de la Hoja. Son cuarcitas y pizarras atribuidas al Ordovícico y Silúrico. Forman resaltes topográficos que dan alineaciones de orientación NO—SE. Su potencia es variable y difícil de estimar dado el intenso plegamiento y fracturación que presentan y la reducida dimensión de los afloramientos.

2.1.2. Terciario

Está representado únicamente por sedimentos del Mioceno y Plioceno. Ocupa la práctica totalidad de la Hoja.

2.1.2.1. *Mioceno*

Es fundamentalmente de carácter detrítico, habiendo únicamente un pequeño afloramiento margo-calizo en el vértice suroriental de la Hoja, en las proximidades de Palencia.

Se pueden diferenciar cuatro facies:

- Facies Vega de Riacos-Alar del Rey
- Facies Tierra de Campos
- Facies Relea
- Facies Centrales Margo-Calcareas

Facies Vega de Riacos-Alar del Rey

Está representada por un afloramiento de dimensiones reducidas en el límite nororiental de la Hoja. Son conglomerados de cuarcita bien redondeados, ligeramente cementados, alternando con areniscas de grano grueso y arcillas rojas. Las secuencias son granodecrecientes. La base de esta facies no llega a verse pero, más al norte (Hoja n° 10), se deposita sobre un conglomerado Oligoceno (Facies Cuevas) e incluso sobre el Cretácico que constituye el borde de cuenca.

La ausencia de fauna impide datar exactamente esta facies pero, en función de criterios estratigráficos, se atribuye al Vindoboniense inferior.

Facies Tierra de Campos (s.l.)

Es la que ocupa mayor extensión superficial dentro de la Hoja nº 19. Se deposita en discordancia erosiva sobre el Paleozoico, no observándose su contacto con las facies Vega de Riacos-Alar del Rey por estar recubierta en esa zona por las facies Relea. Se trata de un conjunto de carácter detrítico constituido por arcillas, limos y arenas, que presenta abundantes cambios laterales de facies; se puede apreciar una disminución del tamaño de grano de O. a E. (de borde a centro de cuenca de sedimentación).

En función de la proporción detríticos gruesos/detríticos finos se pueden diferenciar una serie de facies, que varían insensiblemente, de O. a E..

Facies Villafáfila-Valencia de Don Juan, Facies Villalpando-Sahagún y, Facies Tierra de Campos (s.s.).

Estas facies no son diferenciables cartográficamente debido a la transición gradual entre unas y otras. A efectos hidrogeológicos tampoco tiene gran interés su diferenciación, siendo únicamente importante destacar la mayor proporción de niveles arenosos con grano más grueso hacia el O.

La potencia total de estas facies aumenta hacia el S.E. estimándose para el borde oriental de la Hoja espesor superior a los 1.000 m.

Aunque la ausencia de fauna no permite hacer una datación exacta, estas facies se atribuyen al Vindoboniense en función de criterios estratigráficos.

Facies Relea

Se extiende en el tercio norte de la Hoja formando una franja E—O. Se trata de una serie de arcillas rojas con niveles de margas y calizas margosas blancas.

Asociados a niveles margosos, ocasionalmente, hay conglomerados.

Esta formación es de carácter transgresivo depositándose en el norte sobre los materiales de borde oligocenos y preterciarios y por el sur sobre la Facies Tierra de Campos.

Se le atribuye una edad Vindoboniense Superior-Pontiense de acuerdo a criterios estratigráficos.

Facies Centrales Margo-Calcareas.

Constituyen un pequeño afloramiento al SE. de la Hoja. Se depositan concordantes sobre la Facies Tierra de Campos. Dentro de ellas se pueden diferenciar otras dos facies: una basal (Facies Cuesta) con margas, calizas margosas y yesos, y otra superior (Facies Páramo), con calizas micríticas.

La edad que se atribuye a este conjunto de facies es Vindoboniense superior-Pontiense, y su potencia oscila entre 90 y 180 m.

2.1.2.2. Plioceno

Se atribuye al Plioceno, o al Plio-Cuaternario, una serie de depósitos de cantos redondeados de cuarcita con arcillas rojizas y arenas. Están formando las superficies horizontales o subhorizontales (suavemente inclinadas hacia el S.) de los páramos.

Su potencia disminuye de N. a S. pasando de tener potencias entre 50-100 m al N. de León, a 5-10 m. en la zona sur de la Hoja.

2.1.3. Cuaternario

Está constituido por las terrazas y aluviales de los ríos. Se disponen discordantemente sobre los materiales anteriormente descritos.

Su desarrollo es mas bien reducido siendo los de mayor extensión los de los ríos Esla-Besnesga y Orbigo.

2.2. TECTÓNICA

La Hoja nº 19 está integrada dentro de la Cuenca del Duero que, desde el punto de vista tectónico, forma parte de un conjunto más amplio y, está originada por un sistema de fracturas complejas de compresión, distensión y, desgarre, que han afectado a la Península Ibérica.

En general, se admite que la cubeta del Duero se formó al final del Cretácico. El borde noroccidental, constituido por materiales paleozoicos, de los cuales afloran en la hoja algunos retazos, presenta una serie de fracturas de orientación NO.—SE., que dan lugar a una serie de pequeñas subcuencas basculadas al SE.

La cuenca cuyo drenaje se realizaba hacia el Este, sufrió al final del Mioceno un basculamiento hacia el Oeste, pasando a drenar a la vertiente atlántica.

Por lo demás, los materiales terciarios y cuaternarios que afloran en la Hoja no presentan deformaciones tectónicas de importancia.

3. HIDROGEOLOGIA

3.1. ENCUADRE GENERAL DE LA HOJA

La Hoja se encuentra en la parte Nor-occidental de la Cuenca Terciaria del Duero, que constituye la mayor unidad hidrogeológica de la Península. Esta cuenca se formó al rellenarse durante el Terciario, la Cubeta que se origina a finales del Cretácico, con sedimentos depositados en un medio continental.

Entre los materiales de relleno predominan los de tipo detrítico (arenas, limos, arcillas, areniscas, y conglomerados) excepto en una gran zona centro-oriental en la que existen además sedimentos de carácter evaporítico (margas yesíferas coronadas por calizas de páramo). El espesor de los sedimentos crece rápidamente desde los bordes hacia el Centro y de Oeste a Este de la Cuenca, alcanzando valores superiores a los 2.500 m en la parte oriental.

Como suele suceder en las cuencas continentales en las que la sedimentación fluvial ha jugado un importante papel, las arenas están dispuestas en capas lenticulares de escasa continuidad lateral, excepto quizás en la dirección de la corriente que las depositó. Su distribución espacial dentro de la Cuenca es aparentemente aleatoria y se pueden encontrar casi en cualquier lugar y a cualquier profundidad. Lo que diferencia una zona de otras es la frecuencia de los lentejones arenosos, la permeabilidad de los mismos, y, lo que quizás es más importante, la permeabilidad de la matriz que engloba los lentejones.

El Terciario se encuentra parcialmente recubierto por formaciones posteriores pliocuaternarias (rañas, terrazas, arenales, aluviales) que en algún caso tienen gran influencia en el funcionamiento hidrogeológico de la Cuenca.

En el conjunto sedimentario descrito se han distinguido dos tipos de acuíferos: acuíferos superficiales o libres y acuíferos profundos confinados o semiconfinados. Excepto en los casos de las calizas de los páramos y algún otro particular, ambos tipos de acuíferos suelen estar estrechamente relacionados entre sí, por lo que su diferenciación es en algunos casos arbitraria.

En la unidad global de materiales detríticos de la cuenca del Duero, se han diferenciado por el ITGE los siguientes sistemas acuíferos (ver gráfico):

Sistema nº 8: Terciario detrítico del Duero.

Sistema nº 12: Terciario del área de Salamanca y Ciudad Rodrigo.

Sistema nº 11: Terciario y Cretácico de la zona de Segovia.

Sistema nº 88: Terciario suroriental de Soria o cubeta de Almazán.

El sistema nº 8 es el de mayor importancia por su extensión superficial y potencia. El conjunto de capas lenticulares permeables (arenas, gravas, etc.) englobadas en una matriz más o menos semipermable, se comporta a nivel regional como un gran acuífero heterogéneo y anisótropo, confinado a semiconfinado según las zonas.

La recarga fundamental del sistema se realiza a partir de la infiltración del agua de lluvia. En líneas generales el flujo subterráneo se dirige desde los bordes hacia el centro-occidental de la cuenca, si bien coexisten además una serie de flujos locales importantes. Los principales ríos de la región actúan como vías preferentes de drenaje.

Atendiendo a ciertas diferencias en el esquema de flujo predominante, se han diferenciado dentro del sistema nº 8 los siguientes subsistemas o regiones hidrogeológicas en el Terciario detrítico (ver gráfico):

- Región Norte o del Esla-Valderaduey
- Región Oriental o de la Ibérica
- Región Sur o de los Arenales
- Región Centro o de los Páramos

La hoja 1:200.000 de León se encuentra enclavada, prácticamente en su totalidad, en la Región Norte o del Esla-Valderaduey.

En la hoja además del acuífero terciario, que forma parte de la Región Norte, existen dos acuíferos libres, más o menos relacionados con aquél, que son los constituidos por los páramos de rañas y por los aluviales de los ríos más importantes.

No se ha considerado el retazo de los páramos calcáreos existente en la esquina Sur-Oriental de la hoja por carecer de importancia hidrogeológica.

3.2. Terciario de la Región Esla-Valderaduey

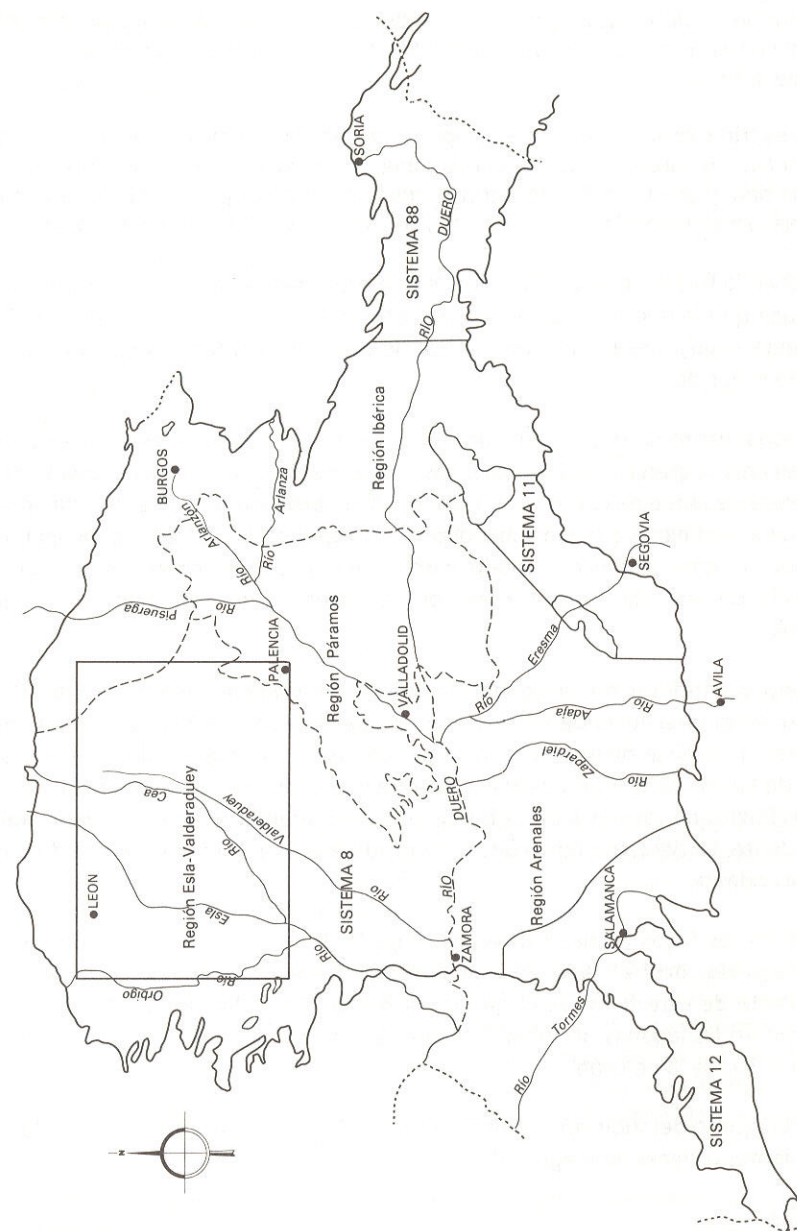
La región Norte coincide a grandes rasgos con las cuencas de los ríos Esla y Valderaduey, incluyendo también parte de la del río Carrión. Tiene una superficie de 16.360 km² y sus límites son:

- Al Norte la Cordillera Cantábrica con algún retazo cretácico del sistema nº 9 adosado a ella.
- Al Este las regiones del sistema nº 8 denominadas de los Páramos y de la Ibérica.
- Al Sur el río Duero.
- Al Oeste los materiales paleozoicos (cuarcitas y pizarras principalmente) de los Montes de León, La Sanabria y Sierra de la Culebra.

El límite sur, el río Duero, constituye una línea de drenaje. A través de los bordes Este, región de la Ibérica, y Este-Sureste, región de los Páramos, el intercambio de flujo es pequeño a escala regional dada la baja permeabilidad de las formaciones en esa zona. Por los bordes Norte y Oeste existen unas aportaciones de los retazos cretácicos y de las cuarcitas fracturadas del Paleozoico.

El conjunto del Terciario constituye un acuífero muy complejo. La distribución de los lentejones de materiales permeables es muy irregular, resultando imposible la correlación de

PLANO DE SITUACION



columnas de sondeos incluso próximos; aunque en general se observa una cierta disminución gradual en su número, o en su permeabilidad, hacia la pared oriental del subsistema y por lo tanto de la Hoja.

El flujo es tridimensional, con una componente vertical importante, lo que hace que el nivel piezométrico o carga hidráulica sea variable en la vertical de un punto en función de la profundidad, y que ha inducido a trazar dos familias de isopiezas correspondientes a datos de niveles en sondeos de más de 200 m. y de menos de 100 m. de profundidad.

Al observar la forma de las dos familias de isopiezas, trazadas para profundidades diferentes, se deduce que la mayor parte del flujo subterráneo se dirige hacia los ríos Orbigo, Esla y Cea-Valderaduey que actúan como líneas de drenaje. El drenaje por el río Duero es relativamente reducido.

El funcionamiento hidrogeológico de la región muy influido por las áreas surgentes que se localizan en una gran parte de las cuencas medias del Esla y del Valderaduey. La extensión de estas áreas depende de la cota del terreno y de la profundidad considerada en el acuífero, pero puede estimarse que para profundidades superiores a los 200 m. ocupan unos 6.700 km². Por el Oeste llegan a menudo hasta el límite con las cuarcitas, lo que confirma la existencia de entradas subterráneas procedentes de las formaciones fracturadas del Paleozoico.

La recarga por infiltración del agua de lluvia está restringida a las áreas no surgentes, que se localizan en el interfluvio de los ríos y en una banda adosada a la cordillera Cantábrica. Al comparar las familias de isopiezas correspondientes a datos de sondeos de más de 200 m. y menos de 100 m. de profundidad; se confirma que la recarga en profundidad tiene lugar en los interfluvios de los ríos y en el borde Norte, existiendo en esas zonas un flujo de agua descendente. La descarga del acuífero se produce en los valles de los ríos donde existe un flujo ascendente.

A parte de los flujos locales existentes (flujo O-E de las cuarcitas del borde oeste, flujo interfluvios-ríos etc.) el flujo general profundo tienen una componente de dirección N-S.S.O. Parte de este flujo es el que da origen a las salidas del río Duero y a las que se producen en las lagunas de Villafáfila, que se encuentran al N.O. de la Hoja de Valladolid situada al Sur de la de León.

Para el conjunto del subistema se estimó, en 1978, que las entradas y salidas globales tenían los siguientes ordenes de magnitud.

Entradas

- Infiltración del agua de lluvia 175 a 350 hm³/año
- Entradas laterales por los bordes 30 a 60 hm³/año

Salidas

- Bombeos netos y salidas por sondeos surgentes 95 a 130 hm³/año
- Drenajes por ríos 110 a 280 hm³/año

Este balance se obtuvo considerando una infiltración del 5% al 10%, un bombeo neto para regadío de 3.500 m³/ha/año, y tomando como entradas laterales los caudales de sondeos surgentes de los bordes. El balance, aunque razonable, puede estar sujeto a errores importantes, ya que existen términos del mismo cuya determinación es bastante cuestionable.

A fin de conocer mejor el funcionamiento del acuífero se elaboró en 1980, un modelo matemático incluyendo la mayor parte del subsistema. El límite oriental se estableció en una línea de flujo quedando excluida la cuenca del Carrión.

Del ajuste del modelo, se dedujo que las entradas laterales por los bordes eran inferiores a las supuestas, quedando reducidas a la tercera parte. La infiltración estaba más próxima al 5% que al 10% y las salidas a los diferentes ríos se desglosó de la forma siguiente:

Río Duero	700 l/s
Río Orbigo	350 l/s
Río Esla y afluentes de la cabecera	1500 l/s
Ríos Cea y Valderaduey	1000 l/s
Río Sequillo y lagunas de Villafáfila	250 l/s

En cualquier caso, los nuevos conocimientos obtenidos en los trabajos de investigación posteriores del subsistema, fundamentalmente el aumento de regadíos reflejado en la encuesta de 1983, aconsejan la realización de un nuevo ajuste y calibración del modelo que ayude a establecer más correctamente los términos del balance hídrico.

En la hoja de León, la explotación del acuífero terciario tiene lugar fundamentalmente en la parte occidental, cuencas del Esla y Cea, siendo muy poco importante en la parte oriental, cuenca del Carrión. Esta circunstancia coincide, a grandes rasgos, con unas mejores características del acuífero en la parte occidental; el Terciario se hace gradualmente más arcilloso a medida que nos acercamos hacia el borde oriental de la hoja. Los mayores caudales específicos, superiores a 1 l/s/m, se localizan en áreas próximas a Sta. María del Páramo, Mayorga y Mansilla de las Mulas.

Aunque los grandes núcleos urbanos de la hoja (León, Palencia, Benavente) se abastecen fundamentalmente con aguas superficiales, en los restantes municipios predominan ampliamente los abastecimientos con aguas subterráneas. En la actualidad, y de acuerdo con la última encuesta realizada (1983), en la hoja de León se riegan unas 15.700 ha con aguas subterráneas.

Por ahora no se han observado síntomas de sobreexplotación del acuífero. En áreas del Sur de León y en los alrededores de Mayorga se han observado descensos relativamente importantes de los niveles en las últimas décadas debido al progresivo aumento de las extracciones, sin embargo se estima que, una vez estabilizadas éstas, se alcanzaría con cierta rapidez una situación de equilibrio ya que dichas áreas coinciden con zonas de descarga de agua subterránea.

3.3. PÁRAMOS DE RAÑAS

En la hoja de León se localizan extensos depósitos de materiales clasificados como rañas que continúan hacia el Norte hasta el borde de la cubeta del Duero. Los afloramientos más extensos se sitúan en el interfluvio Orbigo-Esla (950 km²), entre el Esla y el Cea (545 km²), y en la margen derecha del río Carrión (550 km²), siendo el primero el de mayor interés por su extensión y por su continuidad.

Estos depósitos, constituídos por cantos y bolos, predominantemente de cuarcita, con matriz arcillo-arenosa de color rojizo, se apoyan directamente sobre el Terciario detrítico con el que están conectados hidráulicamente en muchos casos. Considerándolos aislados constituyen un acuífero libre con posibilidades hidrogeológicas limitadas, con vistas a su explotación a nivel regional.

Su espesor disminuye de Norte a Sur. Aunque al Norte de León pueden encontrarse espesores superiores a los 50 m., hacia el S las potencias medias oscilan de 5 a 8 m., llegando a espesores menores en las zonas más meridionales. Al Sur de León estos depósitos se presentan morfológicamente en superficies planas ligeramente inclinadas y constituyen las tierras de cultivo.

La permeabilidad del acuífero es pequeña, siendo la transmisividad inferior a los 10 m²/día. Los pozos que lo explotan suelen agotarse a las 4 o 6 horas, bombeando caudales de 1 a 2 l/s, y tardan 24 h en recuperarse, lo que da una idea de las características del acuífero. Por ello la mayor parte de los pozos tienen perforado en el fondo una barrena o machina que explota las formaciones miocenas subyacentes, frecuentemente artesianas.

En la zona entre el Orbigo y el Esla, al establecerse los regadíos en aguas superficiales procedentes del Orbigo, han variado las circunstancias del acuífero. Los pozos dominados por las aguas de los canales se han abandonado, y el resto han mejorado grandemente sus rendimientos. La influencia que tienen las infiltraciones de agua superficial en los niveles, es tan importante, que el nivel regional en los pozos está más alto en la época de regadíos que durante el invierno, cuando no se deriva agua por los canales.

No se ha podido establecer un balance hídrico del acuífero formado por las rañas debido, por una parte, a que existe un intercambio de flujo con el Mioceno subyacente imposible de evaluar y de otra a la dificultad de medir los caudales de los numerosos manantiales perimetrales de caudal individual tan pequeño que en muchas ocasiones se pueden catalogar como rezumes.

3.4. ALUVIALES DE LOS RIOS

Los principales se desarrollan a lo largo de los ríos Orbigo, Esla y Cea. En general son de poco espesor y, aunque debido a su extensión podrían tener entidad como acuífero, la mayoría están dominados por canales de riego que satisfacen todas las necesidades de agua, por lo que su interés hidrogeológico está muy limitado. Una gran parte de los pozos antiguos están abandonados o cegados, aunque en los que aún existen, con profundidades que oscilan entre los 2 y 10 m., no es raro encontrar caudales superiores a los 25 l/s.

En muchos casos, al encontrarse en áreas de descarga del acuífero Terciario, los aluviales son los receptores del flujo subterráneo que procedente del Terciario Detrítico es drenado finalmente por los ríos. Carece, pues, de sentido hablar de recursos propios de los aluviales, dada además su íntima relación con los de los ríos que por ellos discurren y en la recarga inducida por los sobrantes de riegos con aguas superficiales.

4. CALIDAD DEL AGUA

La calidad de las aguas subterráneas del terciario detrítico de la Hoja de León, corresponde, en su mayor extensión, al tipo de aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas. Solamente en la zona suroccidental, en las hojas (1:50.000) de Benavente y Valderas, se encuentran aguas cloruradas sódicas, y en el ángulo suroriental, hojas (1:50.000) de Villalón de Campos y Palencia, algunas aguas se clasifican como sulfatadas.

La conductividad, tal como se muestra en la Hoja II, aumenta de valor en la dirección de flujo de agua subterránea, es decir de borde a centro de cuenca; de tal forma que en la zona norte de la Hoja los valores son inferiores a 150 $\mu\text{mhos/cm}$, en la mayor parte están entre 150 y 500 $\mu\text{mhos/cm}$ y en los ángulos SO y SE son superiores a 1000 $\mu\text{mhos/cm}$, llegando a sobrepasar los 3000 $\mu\text{mhos/cm}$ en la zona del páramo y en Palencia. Entre los aniones, los cloruros (Cl^-) se mantienen por debajo de 50 mg/l en casi toda la Hoja con la excepción de las zonas de Benavente y Valderas en donde las concentraciones suelen estar entre 250 y 500 mg/l y llegan a superar 1 gr/l en puntos aislados. Los bicarbonatos (CO_3H^-) se encuentran en cantidades que oscilan entre 50 y 400 mg/l, como es normal en este tipo de acuíferos detríticos. La concentración en sulfatos (SO_4^-) está por debajo de 100 mg/l, menos en las áreas próximas a las facies margo-yesíferas, en donde aumenta hasta alcanzar valores en torno a 1000 mg/l.

Los cationes principales calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}), se encuentran en concentraciones que pueden considerarse normales, ya que el calcio oscila entre 10 y 80 mg/l y el magnesio entre 5 y 25 mg/l, aunque puedan encontrarse valores que superen estas cifras. El sodio (Na^+) más potasio (K^+) tiene en la Hoja un valor medio del orden de 20 mg/l, aunque en valor medio en la parte norte de la Hoja está en 2 mg/l y va aumentando hacia el sur en donde se alcanzan valores medios de 50 mg/l.

La temperatura del agua subterránea, que se mantiene bastante constante en los sondeos menores de 250-300 m, a partir de estas profundidades aumenta con la misma. Así, en la Hoja de León se observan temperaturas entre 14 y 16°C en los bordes y del orden de 30°C (las más elevadas en la Cuenca del Duero) en las hojas (1:50.000) de Mansilla de las Mulas y de Valencia de Don Juan, lo que responde al hecho de que es en esta Hoja donde se registran los sondeos más profundos.

El índice de absorción de Sodio (S.A.R.) es, prácticamente en toda la Hoja, inferior a 10 y solamente en algún punto aislado de la zona Suroeste se encuentra algún valor del orden de 19, por lo que se puede considerar que las aguas subterráneas pertenecen al tipo S_1 .

En conclusión, la aptitud de las aguas subterráneas del terciario detrítico para su utilización en regadío pertenecen al tipo $C_1 S_1$ o $C_2 S_1$, lo que las hace perfectamente aptas. Desde el punto de vista de su aptitud para el consumo humano se puede decir que en lo que respecta a los principales iones, las aguas son, en general, tolerables.

El agua procedente de los páramos de rañas es de baja salinidad, con contenido en sólidos disueltos inferior, generalmente, a 500 mg/l. Como peculiaridades más notables pueden destacarse la presencia de un alto contenido en nitratos y el aumento de la salinidad hacia el Sur, circunstancia ésta que puede estar relacionada con una mayor intensidad y abonado de los cultivos.

En cuanto a los aluviales se puede decir que están muy condicionados por el régimen de los ríos y por la calidad de sus aguas, si bien se suele observar 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 está enfluído además por la cantidad de mezcla y por la calidad del agua de aquí.

Desde el punto de vista de la vulnerabilidad a la contaminación pueden distinguirse dos grandes grupos de acuíferos en la Hoja. Los cuaternarios, terrenos muy vulnerables dado el fácil acceso de los agentes contaminantes y su posibilidad de rápida propagación, y los acuíferos con alternancia de terrenos permeables, en los que la contaminación se puede producir y propagar de un modo muy variable.

Como focos potenciales de contaminación que no tengan un ámbito estrictamente local, se puede considerar que en esta Hoja solo existen el polígono industrial y la azucarera de León, lo que provoca la existencia de contaminación en el aluvial del Río Bernesga.

Por otra parte, se detecta la existencia de nitritos, cuya presencia casi siempre es indicio de contaminación, en las hojas (1:50.000) de León, Gradefes, Santa María del Páramo y Mansilla de las Mulas, y un contenido superior a 30 mg/l de nitratos en la Villalón de Campos, si bien este último no es tan claro indicador de contaminación ya que su origen puede deberse a diferentes causas.

En cualquier caso, la posibilidad de contaminación en alguno de los pequeños municipios que se abastecen con aguas subterráneas es un problema que puede resolverse a nivel municipal, ya que en la mayoría de los casos puede ser motivada por pozos de escasa profundidad en aluviales contaminados, vertidos de residuos en zonas próximas a pozos o sondeos, deficiencias o inexistencia de redes de saneamiento, etc.

5. BIBLIOGRAFIA

Confederación Hidrográfica del Duero.

- (1981) Estudio de la demanda para riego en la Cuenca del Duero.
- (1981) Estudio pluviométrico de la Cuenca del Duero.

I.T.G.E.

- Mapa Geológico de España a escala 1:200.000 n° 19 (León).
- Mapa Geológico de España a escala 1:200.000 n° 10 (Mieres).
- Mapa Geológico de España a escala 1:200.000 n° 18 (Ponferrada).
- (1977) Estudio básico sobre las hipótesis de funcionamiento hidrogeológico de los sistemas acuíferos n° 8 y 12. Terciario de la Cuenca del Duero.
- (1979) Proyecto para la investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas 8 y 12.

Capítulos:

- II Utilización actual del agua y estimación de las necesidades futuras.
- III Hidrología Superficial.
- IV Geología y geometría de los acuíferos superficiales.
- VI Características hidráulicas de los acuíferos profundos.
- VII Piezometría de los acuíferos profundos.
- VIII Funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos profundos. Balance hídrico.
- IX Calidad del agua.

- (1980) Modelo de simulación de flujo subterráneo en la cuenca del Esla.
- (1980) Proyecto de investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero con fines de ubicación de posibles captaciones para abastecimientos urbanos. Estudio de la calidad del agua del Terciario detrítico.
- (1980) Plan Hidrológico Nacional. Cuenca del Duero. Estudio de los recursos subterráneos.
- (1980, 1981, 1982) Plan Nacional de Gestión y Conservación de acuíferos. Cuenca del Duero. Control piezométrico del acuífero terciario del Duero 1980.
- (1981, 1982) Calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos terciarios detríticos de la Cuenca del Duero, Colección Informe.
- (1981-1982-1983 y 1984) Plan Nacional de Abastecimiento Urbano. Informes de posibilidades e informes finales de los sondeos de abastecimiento a municipios en la Cuenca del Duero.
- (1982) Evolución piezométrica de los acuíferos en la Cuenca del Duero. Análisis del período 1972-1981. Colección Informe.

- (1983) Proyecto para la Vigilancia y Control de Acuíferos en la Cuenca del Duero.
- (1984-1985) Proyecto de Vigilancia y Control de Acuíferos en las cuencas del Norte, País Vasco, Tajo, Alto Guadiana y Duero.

S.G.O.P.

- (1976) Estudio hidrogeológico del abastecimiento de agua a León.
- (1977) Estudio de recopilación síntesis de los recursos hidráulicos totales de la cuenca del Esla.