

LOS ACUÍFEROS DE LA RIOJA

1ª PARTE: LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y LOS ACUÍFEROS

1.- INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas han tenido y tienen un papel fundamental en muchas civilizaciones, casi estratégico. El hombre desde su presencia en la Tierra ha utilizado las que brotan por los manantiales. Estas aguas que en un principio tenían un uso exclusivo casi para beber, con el transcurso de los siglos se extendió a otras actividades que el hombre iba incorporando y que requerían de la disponibilidad de agua para su subsistencia; es el caso de la agricultura de regadío o la industria. Y así, en la actualidad en España, las aguas subterráneas abastecen a un tercio de la población (unos trece millones de personas) a los que hay que incluir los cerca de sesenta millones de turistas que recibe España cada año; pero quizás un dato que refleja más la importancia del agua subterránea es que el 70 % de los núcleos urbanos españoles se abastecen con aguas subterráneas.

Las aguas subterráneas, quizás por que no se ven, han estado rodeadas de mitos y malentendidos y, para muchos su origen es poco o mal conocido; al simple carácter subterráneo de las mismas se suele asociar un conjunto de propiedades propias del ocultismo, hasta tal punto que aún hoy se sigue recurriendo a los supuestos poderes paranormales de los zahoríes, cuando las aguas subterráneas se rigen por principios claros y universales de la física y la química y su estudio es objeto de la rama de la ciencia denominada hidrogeología.

Hablar del agua es comentar una paradoja. Es el elemento más abundante de la Tierra y, a su vez, escasea en muchos lugares. Da la vida y, en ocasiones, la quita. Une y separa. No le concedemos valor y su falta paralizaría nuestra vida. A pesar de todo, cualquier cosa que tiene que ver con el agua ejerce una atracción irresistible. Los ríos, lagos, fuentes y manantiales, han tenido y tienen un papel esencial en la vida del globo. Han sido inspiradores de muchas obras de arte, motores de la civilización de los pueblos, dinamizadores de las economías...

No debemos olvidar que el agua dulce potable supone solamente el 0,008% del agua terrestre y está distribuida de forma muy irregular en la superficie terrestre, lo que hace que en ocasiones su uso plantee complejos problemas.

Los distintos pueblos, las diferentes civilizaciones, han dedicado múltiples esfuerzos a proveerse de agua en cantidad y calidad para su vida cotidiana y para sus economías. En ocasiones le dedican un esfuerzo personal diario como sucede en ciertos países en donde la sequía es endémica; en otros lugares han construido ingenios técnicos y mecánicos para recoger un recurso que siempre ha sido considerado imprescindible. El agua potable domiciliar es una conquista reciente en muchos lugares. Hoy día nos parece un servicio irrenunciable pero, desgraciadamente, no lo es en muchos lugares del planeta. En las áreas urbanas del tercer mundo 170 millones de personas carecen de agua limpia para satisfacer sus mínimas necesidades: beber, cocinar o lavarse; en las áreas rurales de estos países el panorama es más sombrío ya que alcanza a casi 885 millones.

2.- EL CICLO HIDROLÓGICO. EL CICLO HIDROLÓGICO EN LA RIOJA

El agua es un compuesto químico muy abundante en la naturaleza, encontrándose en océanos y mares, ríos y arroyos, fuentes y manantiales, nubes, interior de la tierra, lagos... Puede encontrarse en tres estados diferentes: líquido (océanos, mares, lagos, ríos,...), sólido (hielo) y gaseoso (nubes, niebla,...)

El agua en la naturaleza, además de sufrir cambios de estado, está en movimiento constante; este funcionamiento se llama ciclo hidrológico y puede esquematizarse de la siguiente manera:

Gran parte del agua del planeta está en los océanos. Por efecto del calor se evapora parcialmente y se forman las nubes. Estas son enviadas por el viento de un lugar a otro y cuando se enfrían se produce un fenómeno muy importante: la condensación y la precipitación, que puede ser en forma de lluvia, nieve o

granizo, rocío o escarcha). Así comienza el agua a descender y a buscar el nuevo punto de origen (el mar). En este descenso el agua puede seguir dos caminos diferentes:

1) Agua que va por la superficie de la tierra. Forma arroyos y ríos. En ocasiones se estanca durante algún tiempo y forma lagos y lagunas.

2) Agua que circula bajo la superficie de la tierra (subterránea). No la vemos pero circula bajo nuestros pies.

El concepto de ciclo indica claramente el carácter limitado de los recursos. Como puede observarse, la cantidad de agua existente en la Tierra siempre es la misma y se halla en constante movimiento debido a la acción de la energía solar y a la fuerza de la gravedad. De esta forma, se repite una y otra vez un proceso que llamamos "ciclo del agua".

Con frecuencia el agua que circula bajo la tierra sale a la superficie y forma los manantiales. También puede ocurrir que el agua que corre por la superficie desaparezca por que se infiltra. A lo largo del recorrido hacia el mar parte del agua vuelve a evaporarse y va a alimentar las nubes.

Así la precipitación que cae sobre los continentes retorna lentamente al mar, beneficiando a los habitantes de la zona por la que circula.

Este ciclo funciona por todo el planeta Tierra y nunca se para. Sin él la vida sería imposible. El "motor" que lo mueve es el Sol, que da energía para que el agua se evapore, circulen los vientos, etc.

Estas son algunas de las funciones que cumple el ciclo hidrológico:

1) Permite que el agua de lluvia caiga por todo el planeta aunque lo haga de forma desigual.

2) Posibilita que los ríos, arroyos y lagos tengan agua y por lo tanto vida.

3) Funciona como una gran depuradora pues el agua está siempre en movimiento y en renovación.

Es importante saber que aunque el agua es un elemento abundante buena parte de ella no la podemos utilizar para el consumo (por ejemplo el agua del mar) por lo que es importante tener cuidado con su uso (no ensuciarla, gastar sólo lo necesario, etc.)

Si nos centramos en el recorrido del agua que circula bajo la superficie del terreno (aguas subterráneas); como hemos dicho anteriormente, parte del agua líquida que alcanza la superficie del terreno circula por su superficie, otra parte se evapora, mientras que otra parte se infiltra; una cierta cantidad de esta agua infiltrada es devuelta a la atmósfera por la transpiración de las plantas, el resto percola alimentando a los acuíferos. En los acuíferos el agua ocupa la totalidad de los huecos que existen en la roca; la superficie que separa la zona de terreno en la que todos los huecos están llenos de agua de la que no lo está es el nivel freático. En los acuíferos el agua fluye, en general, hacia zonas topográficamente bajas en las que originan manantiales o aportan agua a ríos, lagos y mares. El movimiento del agua se produce desde las zonas de nivel freático alto a las de nivel freático bajo, siguiendo la "pendiente" de la superficie freática y a razón de varios metros al día.

La hidrología e hidrogeología de La Rioja deben ser entendidas en el contexto de la Cuenca del Ebro; si bien, como ya se ha señalado, las aguas subterráneas y superficiales forman parte de un mismo ciclo, el ciclo hidrológico. Describiremos en primer lugar el funcionamiento de las aguas superficiales, la interrelación con las aguas subterráneas se abordará en apartados posteriores.

La Comunidad Autónoma de La Rioja pertenece en su práctica totalidad a la cuenca del Ebro, fundamentalmente a la margen derecha; así de los 5.034 km² de su superficie, 5.013 km² se incluyen en la cuenca del Ebro, lo que supone un porcentaje del 99,58 %, el más alto de entre las nueve comunidades autónomas tributarias del Ebro; si bien únicamente supone el 5,90 % de la extensión de su cuenca.

La alimentación del ciclo hidrológico en La Rioja procede de las precipitaciones que recibe, fundamentalmente en forma de lluvia y nieve, la cantidad de precipitación o pluviometría que recibe La Rioja varía mucho de un lugar a otro, su valor medio anual disminuye gradualmente desde la parte Occidental a la Oriental; en las Sierras Occidentales (Demanda, Urbión y Cebollera) la precipitación supera los 1.000 mm anuales, mientras que en las orientales de la cabecera del Alhama (Alcarama, Madero) oscila entre los 500 y 600 mm. En las tierras del Valle del Ebro las precipitaciones anuales medias son notablemente inferiores, situándose entre los 350 y los 450 mm.

Una parte del agua de estas precipitaciones alimenta a los acuíferos, mientras que otra gran parte circula por la superficie del terreno y alcanza los ríos riojanos que surcan los siete valles aportando sus aguas al Ebro.

3.- EL AGUA SUBTERRÁNEA Y LOS ACUÍFEROS

¿Qué es el agua subterránea?

Es el agua existente bajo la superficie del terreno. En concreto, es aquella situada bajo el nivel freático y que está saturando completamente los poros y fisuras del terreno. Este agua fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, áreas de rezume, cauces fluviales, o bien directamente al mar. Puede también dirigirse artificialmente a pozos, galerías y otros tipos de captaciones. Se renueva de modo constante por la Naturaleza, merced a la recarga. Esta recarga procede principalmente de las precipitaciones, pero también de cursos superficiales de agua (sobre todo en climas áridos), de acuíferos próximos o de retornos de ciertos usos (destacan los retornos de los regadíos).

El agua subterránea se desplaza muy lentamente por los acuíferos. Su velocidad media normal puede variar entre decímetros a algunas centenas de metros al cabo del año; sólo en el caso de acuíferos kársticos y rocas muy fracturadas pueden existir conductos preferentes.

¿Qué es un acuífero?

Se denomina acuífero a aquella formación geológica que es capaz de almacenar y transmitir el agua subterránea a través de ella en cantidades significativas, de modo que pueda extraerse mediante obras de captación.

Los acuíferos pueden clasificarse en función de distintas características:

A) En función de la presión del agua contenida en ellos:

- **Acuíferos libres, no confinados o freáticos:** se definen como aquéllos en los que el límite superior de la masa de agua forma una superficie real que está en contacto con el aire del suelo y, por lo tanto, a presión atmosférica. Cuando se perfora un pozo desde la superficie del terreno, el agua aparece en el pozo cuando se alcanza el nivel freático y se mantiene a esa profundidad.
- **Confinados, cautivos o a presión:** son aquellos que en su límite superior, el agua está a una presión superior a la atmosférica. Se comportan así los materiales permeables que están cubiertos por una capa mucho menos permeable (por ejemplo, una capa arenosa bajo otra arcillosa). Durante la perforación de los pozos en acuíferos de este tipo, al atravesar el techo de los mismos se observa un ascenso rápido del nivel del agua hasta estabilizarse en una determinada posición, que se denomina nivel piezométrico.

B) En función del tipo de materiales que constituyen el acuífero:

- **Depósitos no consolidados de materiales sueltos:** son formaciones geológicas constituidas por la acumulación de partículas transportadas por la gravedad, el agua, el viento o hielo. Suelen ser arenas y gravas de distinto origen geológico: fluvial, como los que forman los materiales aluviales de los ríos o las terrazas de los mismos; deltaico, si se trata de depósitos acumulados en la desembocadura de los ríos. Por la general, son de edades geológicamente recientes. Debido a sus buenas condiciones, suministran notables caudales si se explotan convenientemente.
- **Rocas sedimentarias consolidadas:** se trata de sedimentos que se han consolidado debido a procesos de compactación. El agua se almacena y circula por fracturas y grietas. Las rocas más importantes son las calizas.

4.- EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Muchas poblaciones y ciudades se asentaron allí donde afloraban manantiales o en las llanuras aluviales de los ríos donde fácilmente podían abrir pozos excavados. La aparición de la máquina de vapor y el desarrollo de bombas capaces de elevar agua desde grandes profundidades, junto con los avances técnicos en maquinaria y útiles de perforación, condujeron a la construcción de numerosos sondeos y perforaciones durante el siglo XIX y, sobre todo, en el siglo XX. Los sistemas más antiguos de utilización del agua subterránea han sido el aprovechamiento directo de los manantiales o fuentes, y las obras de captación efectuadas a *pico y pala* (principalmente las excavaciones de pozos y la construcción de galerías horizontales). En la actualidad esta forma manual de abrir pozos ha sido sustituida por modernas máquinas perforadoras.

Los pozos modernos requieren una sofisticada tecnología en la que se precisa un diseño técnico adecuado de la captación, así como un conocimiento detallado del acuífero. Con frecuencia se subestima la importancia que tiene un buen diseño y construcción de un pozo. La duración de un pozo y la eficacia son función directa de la calidad de los materiales empleados y de la tecnología utilizada. Algunos de los problemas que se suelen imputar a los abastecimientos servidos con aguas subterráneas son debidos, muchas veces, a una defectuosa construcción y/o mantenimiento inadecuado de las captaciones, y no a los acuíferos. Hoy día se cuenta con tecnología muy avanzada que hace de los pozos una verdadera obra civil, que requiere diseño, proyecto, mantenimiento y observación. Los métodos de perforación más utilizados en la actualidad son la percusión, la rotación y la rotopercusión.

El uso del agua subterránea no es una moda de nuestros tiempos. Existen documentos históricos que hablan de las cualidades del agua de manantial. Pero el uso del agua subterránea se ha incrementado en España a un ritmo vertiginoso desde la década de los 60.

La contaminación o la falta de las aguas superficiales ha motivado el empleo de aguas subterráneas. En principio podemos decir que abundan las aguas de este tipo. De hecho, según el Instituto Geológico y Minero de España, los acuíferos o embalses subterráneos que albergan recursos hídricos de cierta importancia cubren casi el 60% de la superficie del territorio español.

Pensemos que de los 30.000 hm³/año de agua-recurso, casi 25.000 se emplean en agricultura con una superficie regada de más de 3.000.000 ha. De éstas, casi el 30% se riegan con aguas subterráneas. De los 4.500 hm³/año que se emplean para uso urbano e industrial casi 1.500 corresponden a aguas subterráneas. Ello supondría que del orden del 40% de la población se estaría abasteciendo con estas aguas y aproximadamente el 80% del total de los municipios. Estas cifras de utilización en España se ven ampliamente superadas en el resto de los países de la Unión Europea.

Estas actividades humanas y agrícolas principalmente están reduciendo considerablemente el nivel de reservas de aguas subterráneas. Sin embargo, el mayor problema de esta utilización es que ha originado un incremento considerable del contenido de compuestos nitrogenados en las aguas subterráneas, además de un aumento del contenido de sales disueltas en los acuíferos próximos a la costa como consecuencia de la entrada del agua del mar en éstos.

Actualmente en La Rioja se abastecen con aguas subterráneas más de 80 núcleos de población, ascendiendo a más de 80.000 las personas abastecidas, utilizando unos recursos anuales de casi 11 hm³/año. El regadío con aguas subterráneas supone una utilización de recursos subterráneos de 25 hm³/año para regar más de 10.000 ha; mientras que para otros usos (industria, ganadería, usos lúdicos,...) se emplean unos 4 hm³/año.

5.- COMPOSICIÓN QUÍMICA NATURAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Las características químicas naturales del agua subterránea vienen determinadas por dos factores básicos: la naturaleza geológica del suelo y del acuífero y el funcionamiento hidrogeológico de éste último. La interacción entre ambos proporcionan al agua su composición natural. Esta puede verse influenciada por condicionantes externos, como es la pluviometría, que modifican de forma temporal o permanente la naturaleza de las aguas.

La composición química del agua viene determinada por la cantidad y tipo de sustancias que contiene; esta puede ser modificada por factores externos –acción antrópica básicamente- y es entonces cuando cabe hablar de contaminación. De ahí que el concepto de calidad del agua no dependa de su composición (sea natural o derive de factores externos), sino también del uso para el que se destina.

Calidad del agua subterránea y contaminación

La calidad del agua subterránea hace referencia a la idoneidad química y biológica de un agua para determinados usos, es pues un concepto relativo ligado al uso que se le vaya a dar al agua. Las restricciones máximas de la calidad del recurso son establecidas para su utilización en abastecimiento urbano.

La alteración de las características naturales de las aguas por causas antrópicas es función del tipo de actividad y se deriva de las siguientes actividades:

- urbana
- industrial
- agropecuaria

-inducida por bombeo

Según la extensión que pueda alcanzar en el acuífero se diferencian dos situaciones:

- **Contaminación puntual**, originada por un foco localizado, afectando con cierta intensidad a una zona limitada alrededor del foco; es el caso de los vertederos y de las granjas.

-**Contaminación difusa**, cuando una gran extensión de acuífero se ve afectada por una carga contaminante de procedencia no puntual. Es el caso de los acuíferos situados bajo áreas agrícolas.

Según sea el origen de la contaminación, ésta se va reflejar de diferente forma en el agua subterránea.

La consecuencia de esta contaminación es que las propiedades físicas, químicas, radiactivas y biológicas del agua subterránea, se degradan (contaminación) en diversos grados, afectando así a sus usos, a otras fases del ciclo hidrológico y al medio ambiente.

Los acuíferos suelen tardar mucho tiempo en mostrar la contaminación, debido a una serie de factores como la lenta circulación del agua subterránea y la capacidad de absorción del terreno. Los procesos contaminantes suceden fuera de nuestra observación visual directa. Por lo general, los acuíferos presentan una notable capacidad depuradora. Sin embargo, una vez que se han contaminado las aguas subterráneas de un acuífero, su regeneración suele ser lenta, a veces de muchos decenios de años, si es que puede lograrse por medios económicamente viables. De ahí que sea tan importante la protección de las aguas subterráneas.

La magnitud de cualquier problema de contaminación depende de varios factores, como el tamaño de la zona afectada, la cantidad de contaminante implicado, la solubilidad, la toxicidad y densidad de contaminante, y la composición mineral y características hidrológicas del terreno en el cual se mueve el contaminante.

El papel socioeconómico, estratégico y medioambiental de las aguas subterráneas, puede verse, por lo tanto, seriamente afectado como consecuencia de los procesos de contaminación, que además se han convertido en un auténtico problema en algunas regiones de España.

A continuación se describen los factores causantes de la alteración de la calidad de las aguas subterráneas.

Salinización

El incremento en el contenido salino se traduce generalmente en altas concentraciones de sulfatos y cloruros. Su origen puede ser debido a la influencia de los materiales por los que circula el agua (yesos o evaporitas), a la reutilización del agua de riego, con sales añadidas en las actividades agrícolas a las que se suman las sales del suelo disueltas.

Contaminación por nitratos

Fundamentalmente proceden de los compuestos nitrogenados utilizados en agricultura y, en menor medida, a vertidos ganaderos y a vertidos líquidos urbanos. La reglamentación técnico-sanitaria obliga a que las aguas potables no superen los 50 mg/l.

Aunque el problema no es generalizado, la gravedad de la situación en algunas zonas puntuales, en las que se ha usado tradicionalmente esta agua con destino a abastecimiento, requiere de la mayor atención por parte de los usuarios y de las administraciones públicas competentes.

Contaminación por metales pesados

Los vertidos de efluentes derivados de actividades urbanas, mineras y fundamentalmente industriales provocan la presencia de metales pesados en las aguas subterráneas, que en ocasiones inciden en su calidad hasta el punto de que resultan no aptas para el consumo humano.

El hierro, el manganeso, y en menor medida el aluminio, son los metales que aparecen con mayor frecuencia; metales mucho más tóxicos como el cadmio, plomo, cobre, cinc, selenio, arsénico y cromo se detectan de forma muy puntual en las aguas subterráneas.

Contaminación por compuestos orgánicos

La contaminación de las aguas subterráneas por compuestos orgánicos es un problema cuyo alcance no es bien conocido en España. Su origen es diverso, aunque frecuentemente está relacionado con la inadecuada utilización de productos fitosanitarios en la agricultura. Cabe mencionar además como fuentes contaminantes las fugas en depósitos y conducciones, la eliminación y vertido –urbano e industrial- de residuos que contienen disolventes, desengrasantes, conservantes, agentes de limpieza, etc. Y los vertederos de residuos sólidos.

Los compuestos que se han en ocasiones pertenecen al grupo de los organoclorados, entre los que destacan clorobencenos, cloroetanos, cloroetilenos, tetracloruro de carbono y hexaclorociclohexano.

Es necesario tener en cuenta que la información relativa a problemas de contaminación de las aguas subterráneas procedente de determinadas fuentes de tipo puntual es inexistente o muy dispersa y difícilmente accesible. Tal es el caso de depósitos enterrados, gasolineras, fugas de alcantarillado, vías de comunicación, etc. Aunque el elevado coste de mejorar el conocimiento sobre este tipo de problemas parece en ocasiones disuasorio, sólo con una investigación rigurosa podrá determinarse si los problemas detectados hasta la fecha son los de mayor incidencia, por su gravedad y extensión, en el deterioro de la calidad de los recursos hídricos subterráneos.

Las aguas pueden presentar contaminación biológica, siendo los principales focos de contaminación los residuos animales y humanos y las aguas residuales. Esta contaminación fecal puede incorporar una gran variedad de organismos patógenos, cuya presencia está relacionada con las enfermedades que pueden existir en ese momento en la Comunidad. Otros organismos, cuya presencia en el ambiente es natural y a los que no se les considera patógenos, pueden producir en ocasiones infecciones de tipo "oportunistas", sobre todo en las personas con una disminución de los mecanismos de defensa.

6.- LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El recurso agua es necesario por un lado para la salud pública en los núcleos de población, a través del abastecimiento de agua potable, para la producción económica en los sectores agrario, industrial y de servicios, y para cubrir una función medioambiental de mantenimiento de equilibrios ecológicos vinculados al medio acuático y valores paisajísticos, de manera que la "oferta" y la "demanda" de los recursos debe ser "ajustados", pero en términos de sustentabilidad. No conviene olvidar que las necesidades ambientales no deben ser contempladas como una demanda sino como un condicionamiento previo o restricción de la disponibilidad de recursos para otros fines, que en cada caso deberán ser establecidos.

En el momento actual los recursos de agua subterránea constituyen una fuente de suministro relevante de usos consuntivos, que puede cifrarse en un 16 a un 20 % en España, si bien en La Rioja y, en general en la Cuenca del Ebro, no se supera actualmente el 5%.

El papel estratégico de las aguas subterráneas adquiere especial relevancia en los aspectos de preservación de la calidad del agua subterránea, de manera que tanto los valores estratégicos de las aguas subterráneas como el desempeño de su función medioambiental en relación con los cursos de agua o zonas húmedas vinculadas a ellas, exigen una preservación eficaz de estos recursos, que aunque menos vulnerables que los superficiales, presentan importantes riesgos de degradación. La correcta protección precisa de un buen conocimiento de los acuíferos y de las actividades potencialmente contaminantes con lo que se pueden identificar acuíferos y zonas de ellos más o menos vulnerables, de cara a la correcta gestión de los usos del suelo y del recurso hídrico.

2ª PARTE: LOS ACUÍFEROS RIOJANOS

1.- UN POCO DE GEOLOGÍA

En La Rioja están presentes rocas y sustratos geológicos de las distintas eras geológicas, originados por varios acontecimientos: en primer lugar, el levantamiento muy temprano, en la Era Primaria, de la zona que actualmente ocupa la sierra de la Demanda; en segundo lugar, el gran aporte fluvial producido durante la Era Secundaria y principios de la Terciaria en la sierra de Cameros y estribaciones surorientales, que constituyó un gran delta fluvial; en tercer lugar, el hundimiento de la Era Terciaria de toda la zona norte de la región, constituyendo así un gigantesco mar interior, que hoy, ya seco, constituye la llamada Depresión del Ebro; y, por último, el levantamiento, de la actual zona Demanda-Cameros, acentuando más la diferencia de altitud

con la Depresión del Ebro, y provocando una gran erosión fluvial y la formación de numerosos valles que drenan hacia la misma, cuyos fondos se encuentran rellenos por materiales erosionados de las sierras.

Como consecuencia de estos acontecimientos geológicos, nos encontramos en La Rioja con tres grandes dominios geológicos: primero, el dominio Paleozoico o Primario de la Demanda; segundo, el dominio Mesozoico o Secundario de la sierra de Cameros y estribaciones surorientales; y el tercero, el dominio Cenozoico o Terciario de la Depresión del Ebro, surcado por numerosos depósitos aluviales de la última Era Cuaternaria.

Estos tres grandes núcleos se encuentran separados por una estrecha banda de transición constituida por materiales Mesozoicos, Triásicos y Jurásicos, que afloran por la existencia de numerosas fallas o fracturas, de las cuales la más importante es la llamada falla noribérica, que separa las comarcas serranas Cameros-Demanda de las comarcas llanas de la Depresión del Ebro: las Riojas Alta y Baja.

De la Era Paleozoica, corresponden las formaciones de las sierras de la Demanda y San Lorenzo, extendiéndose hasta cerca de Canales, Ezcaray, Valgañón y Mansilla, así como la zona comprendida entre Villavelayo, Viniegra de Abajo, Ventrosa y los picos y sierra de Urbión.

De la Era Secundaria, los períodos Triásico (arcillas y yesos) y Jurásico (margas y calizas) tienen muy poca extensión en La Rioja, aunque un gran interés geológico e hidrogeológico (aguas subterráneas) significándose en la superficie en forma de fajas estrechas o manchas pequeñas diseminadas por ella (sierras de Neila y San Lorenzo, Ortigosa de Cameros, Torrecilla, Viguera, Arnedillo, Grávalos, cercanías de Aguilar).

Por el contrario, es el período Cretácico de esa Era Secundaria el que aparece abundantemente; se extiende en un área triangular de más de 1.200 km², cuyos vértices se encuentran, uno en los Baños de Fitero, otro en Montenegro de Cameros y el tercero cerca de Leza.

Los terrenos terciarios están generalmente extendidos por las cuencas de nuestros grandes ríos y entre los macizos montañosos más importantes.

La Era Cuaternaria está representada por los grandes depósitos de las vegas de los ríos (gravas, arenas y arcillas), destacando claramente los depósitos asociados al Ebro desde Haro hasta Alfaro.

2.- TIPOS DE ACUÍFEROS RIOJANOS

Los materiales acuíferos en La Rioja responden a dos tipos fundamentales:

1) acuíferos en materiales aluviales: desarrollados en depósitos cuaternarios, especialmente en las terrazas del Ebro; también de sus afluentes, destacando el sistema de terrazas del río Oja. Se trata de materiales acuíferos por porosidad, en los que el agua se almacena en los poros e intersticios que dejan entre sí las partículas de gravas, arenas y arcillas. Se trata de acuíferos con una elevada capacidad de almacenamiento.

2) acuíferos en materiales carbonatados: se desarrollan en todo tipo de rocas carbonatadas, fundamentalmente calizas. Se caracterizan por poseer una porosidad por fisuración y disolución (acuíferos kársticos) Su capacidad de almacenar agua es limitada, pero en ellos el agua se puede mover a gran velocidad.

3.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS Y ACUÍFEROS

Una Unidad hidrogeológica se define como uno o varios acuíferos agrupados a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua; su definición se realiza en los denominados planes hidrológicos de cuenca que desarrollan los Organismos de Cuenca, que se denominan confederaciones hidrográficas.

Las unidades hidrogeológicas, que abarcan acuíferos, se agrupan a su vez en Dominios Hidrogeológicos. En La Rioja hay un total de 10 unidades hidrogeológicas representadas, que incluyen unidades de cuatro dominios.

3.1.- Dominio depresión del Ebro

Este dominio viene caracterizado por la presencia de acuíferos aluviales, constituidos por gravas, arenas y arcillas que descansan sobre el sustrato de los materiales terciarios impermeables de la Cuenca del Ebro.

Se diferencian cuatro grandes unidades:

Unidad hidrogeológica nº 402: Aluvial del Tirón

Se trata de los materiales aluviales que forman las terrazas fluviales y la actual llanura aluvial del río Tirón, desarrollados esencialmente entre las localidades de San Miguel de Pedroso (Burgos) y Tirgo. Su extensión es del orden de 30 km².

Es un acuífero libre en el que el nivel freático está próximo a la superficie del terreno y cuyas oscilaciones están influenciadas por el caudal del río. Su recarga o alimentación tiene lugar a partir de la infiltración directa del agua de las precipitaciones y de los retornos de riego y de los barrancos afluentes al Tirón.

La explotación actual de sus recursos no es muy importante, se trata de extracciones para regadío y para abastecimiento de las poblaciones asentadas en su superficie; los recursos de este acuífero no han sido evaluados con precisión.

La formación de las terrazas fluviales

1) Ha nacido un río: el agua de lluvia, al llegar al suelo, puede infiltrarse en él si los materiales son permeables, o correr sobre su superficie si no lo son. En este último caso, se forman arroyos o ríos que van erosionando progresivamente los materiales por los que circulan. El resultado es la formación de un cauce cada vez más profundo.

2) Caudal, estaciones y sedimentos: el caudal de un río no es siempre el mismo, varía a lo largo del año. Durante las estaciones lluviosas lleva mucho agua y ensancha su cauce dando lugar a los lechos de avenida. En verano, por el contrario, disminuye su flujo y parte del cauce queda vacío. Es el momento de depositar en sus orillas los materiales erosionados que arrastra.

3) Un proceso milenario: el proceso continúa a lo largo de cientos y cientos de años. Durante todo este tiempo, el río ha excavado profundos valles y sedimentado grandes cantidades de materiales en sus orillas. Estos materiales forman las terrazas fluviales que hoy utilizamos para huertos.

Unidad hidrogeológica nº 403: Aluvial del Oja o Glera

Incluye la llanura aluvial y las terrazas del río Oja, extendiéndose desde aguas de Ezcaray hasta la desembocadura del Oja en el Tirón, cerca de Cihuri. Presenta una superficie de 102 km².

El acuífero principal está definido por las terrazas bajas y el aluvial del Oja y de sus pequeños afluentes, entre los que destaca el Zamaca. Se trata de un acuífero libre de unos 12 m de espesor medio, y un espesor saturado (empapado en agua) del orden de 7-8 m. Las terrazas medias y altas generalmente están desconectadas hidráulicamente del sistema acuífero/río anterior y tienen un interés secundario como acuífero.

La recarga de este acuífero procede por un lado de la infiltración directa del agua de lluvia en su superficie, y por otra de la infiltración de la escorrentía superficial procedente de los afluentes del Oja; otra fuente importante de recarga son los retornos de riego debido al elevado aprovechamiento de los recursos del acuífero, que tiene lugar en primavera y verano fundamentalmente, coincidiendo con la época de riego.

Las salidas naturales de este acuífero se producen en la zona baja de los cauces del Oja y Zamaca que actúan como ríos ganadores de caudal; también en un conjunto de fuentes, de entre las que destacan la Fuente Redonda, las Fuentes del Prado y los Manantiales de Patagallina, que tienen su origen en cambios de espesor y/o permeabilidad del aluvial. Esta situación está profundamente modificada por las extracciones, fundamentalmente para regadío, que se concentran en los periodos de verano.

Los bombeos para regadío rondan cifras en torno a los 10 hm³/año, mientras que para abastecimiento urbano (que incluye parte del industrial y ganadero) ascienden a 1,4 hm³/año. El volumen de reservas de este acuífero ronda los 170 hm³, mientras que sus recursos medios son del orden de 50 hm³/año/año.

Un problema importante derivado de las prácticas agrícolas es la elevada contaminación por nitratos que presentan sus aguas subterráneas en algunos sectores, especialmente en el entorno ya aguas abajo de Santo Domingo de la Calzada, donde el contenido en nitratos supera en muchas ocasiones los 50 mg/l, cifra

considerada como máxima admisible para abastecimiento urbano; este problema ha llevado a la reciente construcción de nuevas captaciones para el abastecimiento a varios municipios de la zona.

Unidades hidrogeológicas nº 404: Aluvial del Ebro: Cenicero-Lodosa y nº 405: Aluvial del Ebro: Lodosa-Tudela

Incluye el acuífero aluvial del Ebro y de sus afluentes riojanos, excepto los del Oja-Tirón. A efectos prácticos no se considera incluida toda la extensión de los aluviales de los afluentes, así se han considerado los siguientes sectores de esos aluviales: Najerilla desde su confluencia con el río Cárdenas, Iregua aguas abajo de Islallana, Leza desde su confluencia con el Jubera, Cidacos desde Autol y Alhama desde Baños de Fitero; además en este sistema acuífero se incluyen los aluviales de los afluentes navarros: Cidacos y Arga-Aragón. Tiene una extensión considerable, del orden de los 1.000 km², de los que aproximadamente 350 km² pertenecen a La Rioja.

Se trata de un único acuífero de carácter libre constituido por las formaciones aluviales actuales y las terrazas bajas conectadas hidráulicamente con los cauces principales; las terrazas altas se encuentran generalmente desconectadas, dando lugar a pequeños acuíferos colgados de escasa entidad. Su sustrato poco permeable lo constituyen los materiales terciarios de la Depresión del Ebro.

Este acuífero adquiere verdadero interés hidrogeológico aguas abajo de Logroño, donde sus espesores superan los 10 m, alcanzándose más de 40 m en la zona de confluencia entre el Ebro y el Alhama, con espesores saturados comprendidos generalmente entre 7 y más de 25 m.

La alimentación principal de este extenso acuífero se produce de manera preponderante por infiltración de los ríos, seguido de la infiltración de las precipitaciones y de barrancos laterales y por retornos de riego. El flujo de las aguas subterráneas es hacia los cauces principales, de manera que, en situación natural, se comportan como efluentes (o ganadores), constituyéndose como zona de descarga, ésta también tiene lugar a través de bombeos para riego e industria, destacando entre estos últimos los de los polígonos de Logroño (La Portalada, El Sequero y Cantabria). Hay que destacar dos zonas de descarga localizadas en las que el aluvial aporta casi toda el agua al cauce del Ebro; son las de aguas arriba de Lodosa y la de Tudela, se trata de dos zonas en las que el aluvial se estrecha extraordinariamente, de manera que el flujo "rebosa" hacia el cauce del Ebro.

Los recursos de este acuífero son del orden de los 160-230 hm³/año (DFN, 1977; CHE, 1996).

3.2.- Dominio vasco-cantábrico

Incluye la zona de contacto entre la unidad de calizas del Cretácico de Miranda-Urbasa y la Depresión del Ebro.

Dentro de La Rioja, y de este a oeste, podemos diferenciar dos unidades: Sierra de Cantabria, situada al este del cauce del Ebro a la altura de las Conchas de Haro y Montes Obarenes, situada al oeste del mismo.

Unidad hidrogeológica nº 104: Montes Obarenes

Esta unidad se sitúa en la parte más noroccidental de La Rioja e incluye a parte de las provincias de Alava y Burgos. Los materiales permeables más importantes corresponden a las calizas del Cretácico superior, estos materiales se encuentran bastante plegados por pliegues, estructura que se complica hacia el este por la presencia de fracturas y fallas y limitados al sur por el cabalgamiento surpirenaico.

La recarga de esta unidad tiene lugar de manera fundamental a partir de la infiltración directa del agua de lluvia, también a través de la infiltración de los barrancos y de los posibles aportes subterráneos de otros materiales. Las salidas tienen lugar casi de manera exclusiva en los cauces de los ríos principales, destacando los aportes al río Ebro en las Conchas de Haro, evaluados en 1,0 hm³/año.

En Villalba de Rioja se ha perforado un sondeo que permite elevados caudales de explotación (de más de 100 l/s); lo que da idea de la potencialidad de esta unidad hidrogeológica.

Unidad hidrogeológica nº 108: Sierra de Cantabria

Esta unidad presenta una superficie del orden de 28 km², que se incluyen en su práctica totalidad en la provincia de Alava; su recarga tiene lugar a partir de la infiltración de las precipitaciones, mientras que la descarga tiene lugar en varios puntos. En La Rioja se sitúan los pequeños manantiales El Toro, Torralate, etc. (0,2 hm³/año) y el resto de las salidas se efectúan en el río Ebro en las Conchas de Haro (0,9 hm³/año)

Los recursos de esta unidad están escasamente explotados, aunque en sectores adyacentes de la Sierra de Cantabria, se han perforado varios pozos para abastecimiento a la Rioja Alavesa (Leza, Peñaparda y Laguardia), obteniéndose buenos resultados.

3.3.- Dominio Demanda-Cameros

Este dominio incluye los acuíferos carbonatados comprendidos entre la cuenca del Alhama y el cauce del río Tirón, incluidos en el conjunto geológico Cameros-Demanda.

En este dominio se desarrollan acuíferos esencialmente en las rocas carbonatadas del Jurásico marino; incluye dos sectores diferenciados:

- 1) El sector oriental de las Sierras de Cameros que comprende el conjunto de materiales (areniscas y otras rocas), de edad Cretácico, que constituyen el relleno de la cuenca de Cameros, con un espesor superior a los 4000 m en la vertical y bajo los cuales descansan las calizas permeables del Jurásico. Incluye parte de la Unidad Pradoluengo-Anguiano y toda la de Fitero-Arnedillo.
- 2) Las Sierras de La Demanda y de Neila, formadas por materiales muy antiguos y a los que se asocian las calizas permeables del jurásico. Incluye parte de la Unidad Pradoluengo-Anguiano y toda la de Mansilla-Neila.

Unidad hidrogeológica nº 501: Pradoluengo-Anguiano

La alimentación o recarga de los acuíferos tiene lugar fundamentalmente a partir de la infiltración del agua de lluvia de las precipitaciones y, en menor medida, a partir de las pérdidas de agua que experimentan los cauces al atravesar las calizas. La descarga tiene lugar en manantiales y directamente a los cauces de forma no localizada (difusa) en los puntos en que los ríos principales atraviesan la banda de calizas.

Se puede dividir en dos sectores de funcionamiento diferente:

- 1) sector comprendido entre los ríos Tirón y el Najerilla: el agua que reciben los ríos Najerilla, Tobía, Cárdenas, Pazuengos, Oja y Tirón se cifra en 15 hm³/año. Además otros puntos de surgencia del agua subterránea son el manantial de San Torcuato, las Tres Fuentes de Valgañón y la Fuente Intermitente de Anguiano, llamada así por las grandes oscilaciones de caudal que registra.

En Ezcaray el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) construyó dos sondeos de investigación de aguas subterráneas en las calizas de Ezcaray, al pie de la Peña San Torcuato, obteniendo de ellos caudales superiores a 100 litros por segundo.

- 2) sector del río Iregua (denominado científicamente sistema kárstico de Torrecilla en Cameros): se desarrolla sobre calizas jurásicas del entorno del cauce del río Iregua, entre las localidades de Pradillo y de Torrecilla en Cameros.

En este sistema acuífero de 80 km² de superficie destaca la presencia de gran cantidad de dolinas (más de 180) y cuevas, conformando lo que se denomina relieve kárstico. Las dolinas son especialmente abundantes en el entorno de la divisoria hidrográfica entre las cuencas del Iregua y Najerilla, en la denominada Plataforma de los Gamellones. Las dolinas son formas del relieve con aspecto de grandes embudos que subterráneamente están conectadas a simas y cuevas, por estos “embudos” el agua de lluvia se introduce en el interior del acuífero; se forman por disolución del mineral carbonato cálcico que forma las calizas. En el Iregua llegan a tener hasta 20 m de diámetro.

La descarga de estos acuíferos tiene lugar mediante aportes directos al cauce del río Iregua y por varios manantiales, destacando el manantial de San Pedro, con caudal medio es de 74 l/s y el manantial de Riva Los Baños, que abastece a una planta embotelladora de agua mineral.

Unidad hidrogeológica nº 502: Fitero-Arnedillo

Esta unidad abarca el conjunto de acuíferos desarrollados en calizas del Jurásico que se desarrollan, a lo largo de una estrecha banda, en el contacto geológico entre la sierra de Cameros y la Depresión del Ebro, en el tramo comprendido entre el río Tirón y el río Iregua. La extensión aproximada de este conjunto de acuíferos es de 24 km²

La alimentación o recarga de los acuíferos tiene lugar fundamentalmente a partir de la infiltración del agua de lluvia de las precipitaciones y de los aportes que se producen subterráneamente y en profundidad. La descarga tiene lugar en manantiales y directamente a los cauces de forma no localizada (difusa) en los puntos en que los ríos principales atraviesan la banda de calizas. Supone unos 23 hm³/año.

En la cuenca del Leza, la descarga se produce en el río Jubera en Jubera y en el río Leza en la localidad de Leza; aquí además se ubica el caudaloso manantial del Restauro (200 l/s) en el fondo del cañón del Leza.

En las cuencas de los ríos Cidacos y Alhama destaca la presencia de aguas termales que se aprovechan en los manantiales de Baños de Fitero (Navarra) y Arnedillo (La Rioja). Además también hay surgencias de aguas frías en el fondo de los cauces y manantiales dispersos como el de San Juste en Préjano y Muro de Aguas.

Las aguas termales de Arnedillo surgen tanto en el balneario como en el cauce del Cidacos, en las denominadas Pozas. Las Pozas han sido objeto de una actividad de educación ambiental denominada 'Senda del agua termal' en la que se explica el origen de estas aguas.

Las Pozas de Arnedillo

Son una serie de manantiales de agua caliente, situados a lo largo del cauce del río Cidacos a su paso por la localidad de Arnedillo, en un tramo de 150 metros de longitud. El agua surge en tres zonas de manantío, que quedan claramente definidas en los acusados estiajes (periodos de aguas bajas) que presenta en ocasiones el río.

La más conocida se sitúa en la margen izquierda del río, ha sido sobreexcavada por la acción humana conformándose a modo de bañera o pequeña piscina. En la margen opuesta, al pie de la pared rocosa, el agua surge en una serie de pequeñas pozas de agua cristalina en las que se observa un burbujeo en el fondo de gravas a consecuencia de la salida de agua caliente. La tercera de estas surgencias es una gran poza, represada con gravas para conformar una piscina seminatural, ocupando todo lo ancho del cauce habitual del Cidacos.

En estas surgencias mana regularmente un caudal muy constante de 20 l/s a una temperatura elevada y constante de 49 °C.

El agua termal adquiere su contenido en sales minerales en el interior de la tierra. A medida que gana profundidad, va disolviendo los componentes de las rocas que encuentra a su paso. Como puede observarse en el esquema adjunto, el agua desciende a través de las areniscas; con la profundidad, el agua también aumenta su temperatura (unos 3 ° C cada 100m) hasta alcanzar 120 ° C a la máxima profundidad a la que se encuentran las calizas (4.000 metros). A esa profundidad el agua se encuentra con una capa de arcillas impermeables. Éstas detienen el avance del agua creando un acuífero. Desde aquí, el agua buscará una zona por la que salir al exterior perdiendo temperatura en el ascenso.

El manantial de los 16 caños de muro de Aguas

Este pequeño acuífero nos va a servir para ilustrar el funcionamiento del agua subterránea en los acuíferos calizos. El ciclo del agua comienza cuando el agua alcanza la superficie terrestre como precipitación, parte es absorbida por el suelo, parte se infiltra, otra se evapora y el resto circula por el terreno. Si el agua infiltrada encuentra en su camino materiales impermeables puede formar un acuífero, como ocurre en Muro.

El agua de lluvia se encuentra, en los alrededores de esta localidad, con una capa de calizas permeables a través de las cuales se puede infiltrar. Por debajo de estas calizas, hay una capa de material impermeable que detiene su avance y permite la formación de un acuífero.

La zona de calizas permeables tiene su menor cota topográfica en Muro de Aguas, por lo que es aquí donde el agua sale a la superficie.

El agua de lluvia tiene un gran poder de disolución. Al entrar en contacto con las calizas, formadas casi en su totalidad por carbonato cálcico muy soluble, las disuelve creando una red de conductos y cuevas por la que puede moverse.

Muchas veces las calizas no son puras y contienen arcillas, arenas y otros componentes que las hacen difícilmente solubles y por tanto poco permeables o impermeables. La presencia de una capa de estas calizas hace que el agua no pueda profundizar más, forman el fondo de un acuífero.

Unidad hidrogeológica nº 503: Mansilla-Neila

Esta unidad abarca el conjunto de acuíferos desarrollados en calizas del Jurásico en el entorno de la sierra de la Demanda. La recarga tiene lugar de la misma manera que en el caso de la Unidad de Pradoluengo-Anguiano.

En base a las características geológicas e hidrogeológicas de los materiales geológicos, hemos distinguido varias zonas o sistemas kársticos.

- Acuífero o sistema de Brieva de Cameros

La superficie de este sistema es de 35 km². El Nacedero del Brieva es el punto de surgencia principal con 150 l/s de caudal medio, siendo otro punto de surgencia importante la fuente del Berrinche (20 l/s). La descarga también tiene lugar en la zona de Ortigosa, en dos surgencias situadas en el cauce del río Albercos (77 l/s). En la localidad de Ortigosa se pueden visitar las cuevas de Gruta de la Paz y de la Viña, originadas antiguamente por las aguas subterráneas.

- Acuífero o sistema de Las Viniegras

Sus 35 km² de superficie permeable se reparten entre las cuencas del Iregua y del Najerilla. La descarga principal del sistema de Las Viniegras tiene lugar por los manantiales de la Ermita y del Río en Viniegra de Arriba, aportando 500 l/s en conjunto.

- Acuífero o Sistema de Mansilla

Está constituido por las calizas que se sitúan en el entorno del embalse de Mansilla, de 69 km² de superficie. La descarga se produce en tres puntos: por una parte en el fondo del vaso del embalse de Mansilla (67,7 hm³/año), en manantiales que actualmente no son visibles, el segundo de los puntos de descarga se ubica en dos manantiales ubicados en Canales de la Sierra (4 hm³/año).

- Acuífero o sistema de la Sierra de Urbión

Se trata de las calizas situadas al sureste del macizo de Neila, en las cercanías de los Picos de Urbión. La surgencia principal de este sistema es la Fuente Sanza (en Quintanar de La Sierra-Burgos) en la cabecera del río Arlanza, afluente del río Duero; su caudal medio es de 500 l/s. Los caudales provienen del trasvase subterráneo desde la cuenca del Ebro. Otros puntos de descarga se ubican, ya en La Rioja, en los ríos que descienden de la Sierra de Urbión hacia el Najerilla, que totalizan un caudal del orden de 200 l/s.

- Acuífero o sistema de Neila

Se trata de las calizas situadas al suroeste del macizo de Neila. Los manantiales de Neila (Burgos) son los puntos de descarga natural de este acuífero, su caudal es de unos 200 l/s. Son el nacimiento del río riojano más caudaloso, el Najerilla.

3.4.- Dominio Central-Ibérico

Unidad hidrogeológica nº 601: Añavieja-Valdegutur

Incluye los acuíferos calizos de la cuenca del Añamaza, afluente del Alhama por su margen derecha. Son zonas preferentes de recarga los afloramientos de materiales permeables que en profundidad constituyen acuíferos; la descarga de esta unidad tiene lugar en el entorno del Embalse de Valdegutur; continuando el flujo hacia la zona de Baños de Fitero donde tiene lugar la descarga conjuntamente con la unidad de Fitero-Arnedillo. En esta zona el embalse de Valdegutur alimenta a los acuíferos, ya que a través de grietas y sumideros, pierde agua que subterráneamente alimenta a los mismos.

4.- CALIDAD DEL AGUA DE LOS ACUÍFEROS RIOJANOS

Respecto a la calidad del agua de los acuíferos riojanos, prácticamente el único problema de calidad del agua reside en el contenido en nitratos, que limita su uso, especialmente para los abastecimientos urbanos; de modo que contenidos superiores a 50 mg/l pueden resultar perjudiciales para la salud. Los nitratos proceden en su mayoría de los abonos utilizados en las prácticas agrícolas y, en menor medida en La Rioja, de las explotaciones ganaderas.

Los problemas son algo más relevantes en los acuíferos aluviales, en los que la presión de la agricultura es mayor y la vulnerabilidad es, en general, igualmente mayor. Otro problema de las zonas antropizadas, como lo es el eje del Ebro, es la contaminación por microcontaminantes, sustancias que son altamente perjudiciales incluso en pequeñas proporciones, destacando los pesticidas y metales pesados; sin embargo, el conocimiento actual de este tipo de contaminación es escaso, por no realizarse un seguimiento sistemático, pero sin embargo está ahí y puede ser un problema relevante en zonas industrializadas.

La mejor calidad del agua subterránea se da en los acuíferos carbonatados, especialmente en los del sector de La Demanda, donde predominan las aguas de composición bicarbonatada cálcica de baja mineralización y de escasa contaminación; seguidas de las aguas de los acuíferos carbonatados de Cameros y el sector oriental de La Rioja, donde las mineralizaciones aumentan, a la vez que las composiciones tienden a sulfatadas cálcicas, la contaminación sigue siendo baja, solamente en algunos sectores del Añamaza el contenido en nitratos indica un cierto grado de contaminación. Como singularidad hay que señalar en este grupo la presencia de aguas muy mineralizadas, de composición cloruro sódica y termales correspondientes a los manantiales termales de Baños de Fitero y Arnedillo, se trata de aguas de baja calidad natural.

La vigilancia de la calidad de las aguas permite por un lado conocer la evolución hidroquímica y por otro prevenir efectos indeseados a largo plazo, erigiéndose como una de las bases más importantes en la toma de decisiones que afectan a la estrategia, control, gestión de los recursos hídricos y valoración en términos económicos del deterioro de las aguas. A tal fin, la Confederación Hidrográfica del Ebro dispone de una red de calidad que cuenta en La Rioja con puntos de control que se controlan con carácter entre mensual y bianual, por lo que la cantidad de datos generados es muy importante, siendo una valiosa fuente de información para el estudio que aquí se plantea.

Hay que tener en cuenta que muchas poblaciones se abastecen de agua subterránea (Haro, Santo Domingo de la Calzada, Arnedo, Quel, Calahorra, Autol, Cervera, etc.) por lo que la importancia de su conocimiento, estudio y control es imprescindible en la gestión.

Las grandes superficies dedicadas a la actividad agrícola (175.000 ha) suponen una entrada importante de contaminantes en los acuíferos. Los principales contaminantes son los fertilizantes y plaguicidas fitosanitarios.

El consumo medio de fertilizantes en La Rioja supera ampliamente la media estatal: 303 kg/ha cultivada frente al 99,2 kg/ha en el ámbito estatal.

Las zonas de especial interés en contaminación por nitratos son los aluviales del Oja y Ebro por soportar una gran concentración de cultivos, asentamientos urbanos e industriales y por su especial vulnerabilidad hidrogeológica. El consumo medio de plaguicidas en La Rioja se estima en 11,78 Kg/ha cultivada, frente a los 6,18 kg/ha de media nacional.

5.- EL FUTURO DEL AGUA

La escasez de agua suena a unos a realidad, a otros a exageración y para algunos es sólo el resultado de una mala gestión. Se argumenta que la evaluación de necesidades comporta un margen de imprecisión considerable por lo que es difícil prever el futuro, aunque también se dice que cualquier proyección tiene el valor de puesta en guardia. De cualquier manera, no es necesario esperar a que la escasez de agua global sea una realidad para experimentar los problemas que surgen cuando una sociedad sobrepasa sus límites hidrológicos pues sobran ejemplos de lo que ocurre en los sitios donde ya se han superado esos límites. Es preciso actuar ya de cara a realizar los ajustes necesarios para evitar problemas futuros.

A primera vista, en el conjunto global, quedan pocas dudas de que es necesaria una reconsideración de las tendencias actuales. Entre las medidas que se apuntan sobresalen dos: el ahorro de los recursos y el incremento de los recursos. Estas acciones, con ser necesarias, no son suficientes. Debemos consolidarlas pero hemos de intentar superarlas: hemos de configurar una nueva dialéctica que vaya desde la economía del agua a la cultura del agua para llevar a cabo una adecuada gestión del agua.

En primer lugar, hemos de recuperar el valor primitivo del agua, su valor social y personal. El agua, como antaño, sigue siendo un tesoro. Un tesoro dinámico que se acrecienta con una filosofía del uso en la que participa toda la sociedad. Una filosofía del uso que se fundamenta en dos pilares: el ahorro y la progresiva disminución de la contaminación. En fin, una sociedad que se implica también gestionando adecuadamente el recurso para repartirlo con parámetros de solidaridad.

Para reconstruir ese valor es necesario un debate social que estimule una nueva cultura de grupo basada en una información veraz, en un diálogo continuado que vaya más allá de las leyes; que despoje al agua de unas presiones demasiado mercantilistas que nos impiden comprender su relevancia social. Una cultura que contemple una alternativa olvidada como es el multiuso, uso selectivo del agua, antes que su utilización indiscriminada. Una cultura que sepa que reducir el desperdicio del presente es una de las más valiosas opciones de futuro.

Pero para ir construyendo progresivamente esa cultura debemos empezar cada uno de nosotros mismos reduciendo consumos, adoptando hábitos diferentes y participando en la gestión social integrada del agua. Una gestión social que demande una adecuada gestión administrativa por parte de los poderes públicos. Sólo de esta manera contribuiremos a mejorar el presente y empezaremos a construir el futuro.

BIBLIOGRAFÍA ESPECIALIZADA

Coloma, P. (1997): *Funcionamiento hidrogeológico de las cuencas riojanas orientales: Iregua, Leza, Cidacos y Alhama (Cuenca del Ebro)*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 1-386

Coloma, P. y Sánchez Navarro, J.A. (1997): Los acuíferos kársticos en torno a los macizos ibéricos paleozoicos de Neila y La Demanda (sector oriental). *Bol. Geol. y Min. Vol. 102-2. pp.: 169-184*

Coloma, P.; Sánchez Navarro, J.A. y Martínez Gil, F.J. (1997): Sistemas de flujo subterráneo regional en el acuífero carbonatado mesozoico de la Sierra de Cameros. Sector oriental. *Estudios Geol.*, 53, 159-172.

Coloma, P. (1998): El agua subterránea en La Rioja. *Zubía, monográfico nº 10: El Agua en La Rioja. pp.: 63-132.*

Confederación Hidrográfica del Ebro-CHE (1991): *Asistencia técnica para el estudio de los recursos hídricos subterráneos de los acuíferos de la margen derecha del Ebro. Zona I: Acuíferos de Cabecera (Plan Hidrológico)*. Memorias y planos. (inédito).

CHE (1991b): Síntesis hidrogeológica de la unidad nº 24. Aluvial del río Glera. (informe inédito).

CHE (1994): *Estudio geográfico e hidrogeológico de la cuenca del río Añamaza (Plan Hidrológico)*. (informe inédito).

CHE (1996e): Modelización matemática del acuífero del río Glera (U.H. nº 24) (La Rioja). (informe inédito).

Diputación Foral de Navarra-DFN (1977): *Proyecto Hidrogeológico de Navarra*. Memoria, informes técnicos, atlas hidrogeológico e información complementaria. (inédito).

Ente Vasco de la Energía-Gobierno Vasco (1997): Mapa Hidrogeológico del País Vasco 1:100.000. Memoria y planos.

García Ruiz, J.M. y Martín Ranz, M.C. (1992): *El régimen de los ríos de La Rioja*. Pub. Instituto de Estudios Riojanos. Col. Ciencias de la Tierra (Geografía). nº 14, 1-69.

Gobierno de La Rioja. Consejería de Agricultura y Alimentación(1991): *Plan Hidráulico de La Rioja. Avance*. (informe inédito).

Gobierno de La Rioja. Consejería de Obras Públicas y Urbanismo (1993b): *Plan Especial de Protección del Medio Ambiente Natural de La Rioja*. 1-297.

Gobierno de La Rioja (2002): Plan Director de abastecimiento de agua a poblaciones de la Comunidad Autónoma de La Rioja. 1-110.

Instituto Geológico y Minero de España-IGME. Diputación Provincial de Logroño (1969): *Estudio hidrogeológico general de la provincia de Logroño*. (informe inédito).

IGME (2002): Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo. 1-94.

Instituto Tectonológico GeoMinero de España-ITGE (1987d): Primeras experiencias de recarga artificial en el acuífero del río Oja. (informe. Inédito).

ITGE (1991): *Estudio Hidrogeológico del río Añamaza*. Proyecto para estudios de asesoramiento en materia de aguas subterráneas a organismos de cuenca y Comunidades Autónomas de Aragón, Asturias, Cantabria, Castilla-León, Cataluña, Navarra, País Vasco y La Rioja (Cuencas Hidrográficas del Norte, Ebro y Pirineo Oriental). Tomo I: memoria y planos, tomo II: anejos. (informe inédito).

ITGE (1991c): Estudio de utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas en La Rioja. (informe inédito).

ITGE (1992): *Estudio Hidrogeológico de las unidades de Jubera-Anguiano y Torrecilla-Mansilla-Neila*. Proyecto para estudios de asesoramiento en materia de aguas subterráneas a organismos de cuenca y Comunidades Autónomas de Aragón, Asturias, Cantabria, Castilla-León, Cataluña, Navarra, País Vasco y La Rioja (Cuencas Hidrográficas del Norte, Ebro y Pirineo Oriental). Tomo I: memoria y planos, tomo II: anejos. (informe inédito).

ITGE (1992b): *Las aguas subterráneas de La Rioja. Memoria-síntesis*. 250 pp. (informe inédito).

ITGE (1993): *Calidad química y contaminación de las aguas subterráneas en España, periodo 1982-1993. Cuenca del Ebro*. 329 pp.

Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario-IRYDA (1990): *Estudio Hidrogeológico del acuífero de Valdegutur, en la Cuenca del río Alhama (La Rioja)*. Memoria y planos. (informe inédito).

MINER-MOPTMA (1994): Libro Blanco de las Aguas Subterráneas.

Nuñez , E. y Martínez, J. (1991): *El clima de La Rioja. Análisis de precipitaciones y temperaturas*. Public. Gobierno de La Rioja, serie Estudios. (22), 1-321.