

4. ÁREAS DE PROTECCIÓN

4.1. Medios porosos o asimilables

4.2. Medios kársticos y/o fisurados

4.-Áreas de protección

El perímetro de protección que se establezca debe garantizar la conservación de las aguas naturales y termales en sus aspectos cuantitativo y cualitativo.

Los criterios y métodos que se emplean para alcanzar estos objetivos serán diferentes en función de las particularidades de los acuíferos en los que esté emplazada la captación que se quiere proteger. Así cabe distinguir entre los medios porosos o asimilables y los medios kársticos y/o fisurados.

4.1. MEDIOS POROSOS O ASIMILABLES

Se engloba en este apartado, designándolos como medios asimilables a los porosos, aquellos acuíferos existentes en materiales carbonatados en los cuales puede aplicarse la ley de Darcy.

La división de los acuíferos carbonatados en dos categorías diferentes está basada en que los estudios y sobre todo la explotación de los acuíferos existentes en dichos materiales, han permitido constatar que engloban acuíferos muy dispares en su comportamiento. En una primera aproximación a los mismos puede aceptarse que:

a) Existen medios con una saturación general en los cuales la fisuración, la microfisuración y la eventual porosidad intergranular cumple a la vez las funciones de almacenamiento y conducción, siendo perfectamente continuos desde el punto de vista hidráulico, por lo que pueden ser asimilables a un medio poroso.

b) Medios en los que el almacenamiento en la matriz rocosa es prácticamente inexistente, carecen de continuidad hidráulica y de saturación general. En ellos el agua procedente de la recarga circula por una red hidrográfica bien jerarquizada que se establece en el macizo rocoso.

c) Por último existen otros medios intermedios en los que las microfisuras, porosidad intergranular, etc., tienen funciones de almacenamiento mientras que el drenaje se realiza a través de conductos (fracturas, discontinuidades ensanchadas, juntas de estratificación, contactos erosionales, etc.).

Los modelos señalados constituyen en cierta manera los dos grandes grupos de acuíferos en rocas carbonatadas descritos en la literatura anglosajona, es decir, los sistemas de flujo difuso y los sistemas de flujo por conductos, con una frontera no definida sino gradual.

En el cuadro 4.1 aparecen reflejadas las principales características que los definen.

Por su parte en el cuadro 4.2 se muestra una propuesta de clasificación de las diferentes tipologías de acuíferos existentes en las rocas carbonatadas de España realizada por Bayó Dalmau, A. et al. en 1986, explicando sus principales características y las zonas tipo en las que aparecen representadas y relacionándolas con la diferenciación descrita previamente entre acuíferos de flujo difuso, kársticos (sensu stricto) e intermedios.

La forma más segura de conseguir la protección absoluta de una captación situada en un medio en el que sea aplicable la ley de Darcy sería

C O M U N E S	Acuíferos kársticos (sensu stricto)	A C U Í F E R O S I N T E R M E D I O S	Acuíferos de flujo difuso
	Medio muy heterogéneo		
	Masa impermeable coexistiendo con grandes conductos		Medio relativamente homogéneo
	Almacenamiento pequeño o nulo		Almacenamiento grande
	Piezometría virtual, discontinua		Piezometría continua
	Circulación por conductos y ríos subterráneos. Pequeños acuíferos colgados		Flujo difuso
	Hidrogramas de descargas, en coordenadas semilogarítmicas presentan <<picos>> y zonas tendidas		Estos hidrogramas son líneas rectas cuando no se producen precipitaciones
	Infiltración puntos localizados		Infiltración uniforme
	Regulación natural escasa		Regulación natural importante
	Oscilaciones piezométricas grandes, nivel de agua profundo		Oscilaciones y gradientes regulares. Agua inicialmente a poca profundidad
F R E C U E N T E S	Formas kársticas abundantes, accesibilidad fácil al interior del macizo	Formas kársticas escasas, inaccesibilidad al macizo	
	La regulación es difícilmente aumentable con captaciones subterráneas	Se puede aumentar de manera importante la regulación	

Fuente: Bayó Dalmau, A. et al, 1986

Cuadro 4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS BÁSICOS DE ACUÍFEROS CARBONATADOS

impedir todo tipo de actividad potencialmente contaminante sobre el área de recarga de la misma. No obstante éste es un planteamiento imposible de llevar a la práctica, por las implicaciones técnicas y sobre todo económicas que supondría, por lo que se considera más adecuado definir los perímetros de protección mediante el establecimiento de un sistema de zonas rodeando la captación, en el interior de las cuales se restringen o se prohíben de forma graduada (en función de la proximidad a la misma) las actividades susceptibles de modificar la calidad del agua subterránea.

El perímetro de protección debe garantizar que la calidad del agua no se verá afectada.

Si se produce una contaminación, la consecución de este objetivo se logra mediante tres procesos:

- Dilución. El contaminante al discurrir por el seno del acuífero se diluye al mezclarse con el agua que contiene.
- Degradación o inactivación, ya sea mediante reacciones químicas con el

oxígeno disuelto (especialmente en la zona no saturada) o con los materiales del acuífero, o en el caso de bacterias y otros organismos vivos al morir por no encontrarse en un medio adecuado.

- Instalación de un sistema de vigilancia y control que permite tomar medidas ante la contaminación o detener el bombeo de la captación amenazada antes de que llegue a ella el agente contaminante.

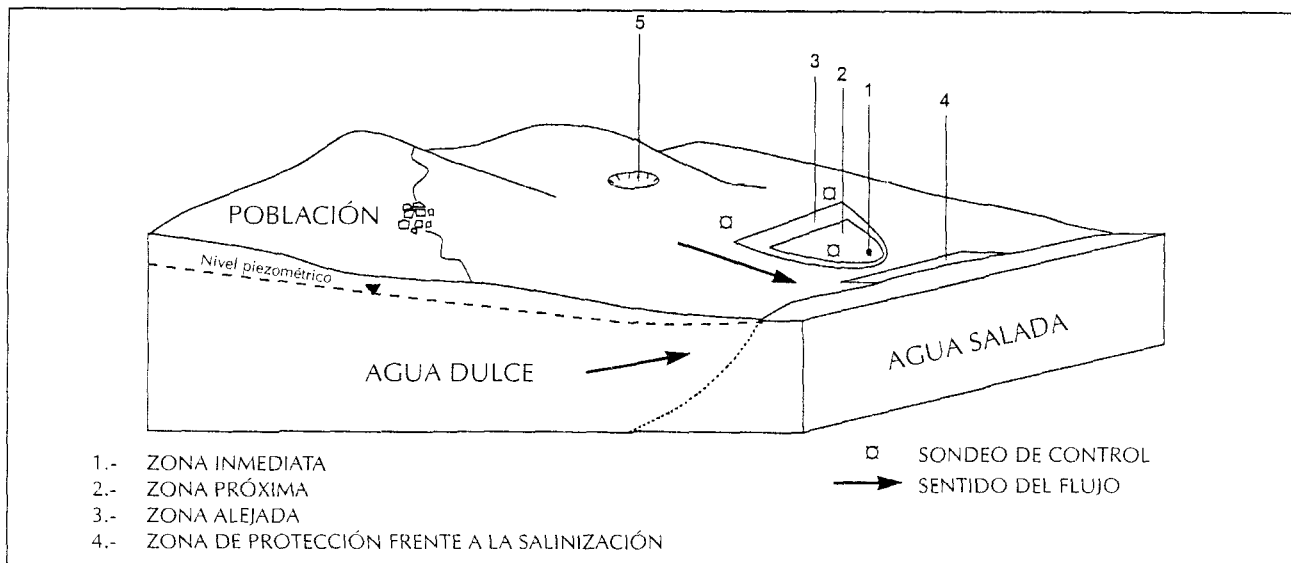
Al delimitar el perímetro de protección debe conseguirse, considerando la influencia que tengan los factores antes citados, un compromiso entre una protección adecuada y suficiente del recurso y el respeto, en la medida de lo posible, de la actividad socioeconómica de la región circundante.

Con este fin se propone dividir los perímetros de protección en diversas zonas alrededor de la captación (ver figura 4.1.), graduados de mayor a menor importancia en cuanto a las restricciones de actividad impuesta sobre ellas, cuyas principales características son:

		TIPOS	ALGUNOS SUBTIPOS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	POSIBLES LOCALIDADES TIPO
SIN SATURACIÓN GENERAL	FLUJO DIFUSO	ACUÍFEROS DE FLUJO DIFUSO	LIBRES: SOMEROS ABIERTOS (1), DE GRAN ESPESOR (2) CONFINADOS: ENTRE CAPAS (3), FLUJO REACTIVADO (4) ABERTOS O CERRADOS DRENAJE ASCENDENTE O DESCENDENTE O LATERAL-ALIVIADERO EFECTO DREN DE FONDO	<ul style="list-style-type: none"> - Comportamiento semejante a un acuífero granular - Formas kársticas de absorción escasas - Tectónica distensiva - Discontinuidades bien conectadas - Anisotropía poco marcada - Piezometría continua. Gradientes hidráulicos regulares - Continuidad hidráulica. Circulación profunda - Permeabilidad apreciable en todo el macizo rocoso - Recarga uniforme - Almacenamiento grande y elevada capacidad de regulación natural - Captación por pozos. Se puede aumentar de manera muy importante la regulación natural 	(1) Traveninos Banyoles, llanura Manchega (2) Algunas cubetas calcáreas del Prebético y Subbético (Crevillente, Sierra del Cid). Acuíferos costeros en la zona Bética (Gador). (3) Cordillera Prelitoral Catalana-Capellades. Banyoles. Acuífero profundo llanura Manchega. (4) Zocalo depresiones litorales mediterráneas (Senia-Vinaroz, Castellón)
	CON SATURACIÓN GENERAL	ACUÍFEROS INTERMEDIOS FISURADOS Y KARSTIFICADOS	MIXTOS: ABIERTOS COSTEROS (5), CERRADOS CON DRENAJE CONCENTRADO (6) DOBLE POROSIDAD: POROSIDAD INTERGRANULAR (7), FISURACIÓN Y MICROFISURACIÓN (8) ASCENDENTE O DESCENDENTE ABIERTOS O CERRADOS ABIERTOS O CERRADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Gradación desde los de flujo difuso hasta los kársticos - Formas kársticas abundantes - Tectónica frecuentemente compresiva - Red de drenaje preferencial que se superpone a una permeabilidad generalmente baja, existente en la matriz rocosa - Discontinuidades abundantes más o menos conectadas - Anisotropía marcada - Piezometría relativamente continua - La circulación suele ser poco profunda - Permeabilidad apreciable en una estrecha franja bajo el nivel de saturación - Almacenamiento moderado o pequeño. Se puede aumentar la regulación natural - Captaciones por pozos o galerías en las proximidades de los manantiales y otras zonas limitadas 	(5) Vandellós, Alcoceber. Garral (6) Sierra Cadi-Moixeró (7) Formaciones calcareníticas de las Baleares (Menorca, Mallorca) (8) Arteta, Aralar
	FLUJO POR CONDUCTOS	ACUÍFEROS KARSTICOS "SENSU STRICTO"	CON PEQUEÑA ZONA DE SATURACIÓN (9) SIN ZONA DE SATURACIÓN (10)	<ul style="list-style-type: none"> - Abundantes formas kársticas de absorción. Accesibilidad al interior del macizo - Drenaje mediante una red hidrográfica subterránea bien jerarquizada - Muy anisótropo - Piezometría virtual y discontinua - Discontinuidad hidráulica. Circulación por conductos - Grandes conductos con nula permeabilidad en la matriz rocosa - Zona de saturación reducida o inexistente. Almacenamiento muy escaso - Pequeña capacidad natural de regulación - Es muy difícil aumentar la regulación con pozos u otro tipo de captaciones 	(9) y (10) Larra-Navarra, Ufanes-Mallorca, Cadi-Bastareny, diversos casos en el Devónico Pirenaico (Lago San Mauricio, etc.) y los Picos de Europa
		OTRAS TIPOLOGÍAS	ACUÍFEROS MULTICAPA: COSTEROS MESOZOICOS (11), BICAPAS O TRICAPAS EN CUENCAS TERCIARIAS (12) ACUÍFEROS AISLADOS CERRADOS EN GRANDES CUENCAS TERCIARIAS (13)	<ul style="list-style-type: none"> - Acuíferos de gran potencia en los que coexisten las tipologías básicas - Sistemas multicapas con situaciones particulares de flujo para el drenaje de cada capa. Sin embargo, se les puede asimilar una red de flujo virtual y única que demuestra la existencia de áreas de recarga con flujo vertical, transporte con flujo lateral, descarga con flujo ascendente y áreas de estancamiento. 	(11) Terminación suroriental del Maestrazgo (12) Mallorca, algunas depresiones internas de las Béticas
			ACUÍFEROS AISLADOS CERRADOS EN GRANDES CUENCAS TERCIARIAS (13)	<ul style="list-style-type: none"> - Acuíferos con estancamiento de flujo y aguas mineralizadas - Interés como almacén o geotérmico 	(13) Cuenca del Ebro

Fuente: Bayó Dalmau, A et al, 1986

Cuadro 4.2 ENSAYO SOBRE LAS DIVERSAS TIPOLOGÍAS DE ACUÍFEROS EN ROCAS CARBONATADAS DE ESPAÑA



Fuente: ITGE 1991

Fig. 4.1. ESQUEMA DE ZONIFICACIÓN DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

*** Zona inmediata o de restricciones absolutas.**

Es la más próxima a la captación, su fin primordial consiste en proteger ésta, y sus instalaciones contra las inclemencias climatológicas, la acción de animales y desaprensivos; asimismo, impide los vertidos e infiltraciones directas sobre la captación.

El criterio de delimitación suele ser un tiempo de tránsito de 24 horas (ver apartado 5.1.) o un área fijada de forma arbitraria de pequeña extensión (100-400 m²) y en ella quedarán incluidas únicamente las instalaciones de bombeo. Fuera de este área estarán la caseta de transformación o del motor, depósitos de agua o combustible, etc. Estará cerrada mediante una valla o construcción que impida el acceso a personas no autorizadas.

Las restricciones sobre esta superficie serán absolutas impidiéndose cualquier tipo de actividad.

Para la puesta en práctica de estas premisas sería recomendable el cumplimiento de los siguientes apartados:

- Incidir en la importancia de aislar el área del perímetro inmediato vallando y limitando el acceso únicamente al personal de mantenimiento.

- Este área será minuciosamente limpiada eliminando los restos de suciedad, plantas y materia orgánica que pudiera descomponerse e infiltrarse en el subsuelo.
- En los casos en los que el suelo y la zona no saturada bajo la zona de protección inmediata posean una permeabilidad vertical media (K_v) y un espesor conjunto (e) tales que $K_v/e > 10^{-8}$ m/s, será necesario, si las condiciones del lugar lo permiten, depositar sobre el suelo de la misma una capa de arcilla compactada de al menos 50 cm de espesor.
- Por medio de una tapia, y/o un drenaje perimetral, debe impedirse que las aguas de escorrentía accedan y se acumulen en el interior de esta zona de protección. Asimismo, y aplicando el procedimiento más adecuado a cada situación, la propia captación debe ser protegida de la entrada directa del agua de lluvia.
- Cuando sea posible se situará el emboquillado del sondeo un poco elevado respecto del terreno circundante.
- El revestimiento del pozo debe sobresalir del terreno y estar rodeado por una superficie impermeable cuyo drenaje en caso de derrame accidental irá fuera del pozo.
- Se impermeabilizará el espacio anular de los

primeros metros del sondeo y se cementará y entubará con tubería ciega todos los niveles en los cuales no se vaya a captar el acuífero evitando así mezcla de aguas.

La mayor parte de las instalaciones de agua termal (balnearios) y en muchas de agua mineral son antiguas y fueron construidas sin atender estas normas siendo en la actualidad muy difícil, o costoso, su actualización, lo que no debe impedir que en la medida de lo posible se vayan reformando las instalaciones hasta conseguir una adaptación completa.

* Zona próxima o de restricciones máximas

Representa el cuerpo principal del perímetro. Comprende un área de extensión variable pero suficiente para proteger el agua contra su contaminación, ya sea asegurando la inactivación, eliminación o dilución del contaminante, ya sea permitiendo una alerta a tiempo para tomar las medidas adecuadas antes que la sustancia extraña llegue a la captación.

El dimensionado de la zona próxima se hace generalmente en función de un criterio de tiempo de tránsito (50-60 días), pretendiendo con ello proteger totalmente contra la contaminación microbiológica y lo más posible contra la química.

* Zona alejada o de restricciones moderadas

Debe proteger la captación frente a contaminantes de larga persistencia, básicamente contaminación química no degradable o difícilmente degradable (metales pesados, hidrocarburos, compuestos orgánicos, etc.). La filosofía de protección en este área se basará, por tanto, en los procesos de dilución o de Alarma, además de en los de degradación o inactivación.

El criterio empleado en su determinación suele ser el tiempo de tránsito (10 años) o más frecuentemente un criterio hidrogeológico, abarcando así toda el área de alimentación de la captación.

La imposición de fuertes restricciones en una

superficie de tales características, sólo sería viable en acuíferos de muy pequeña extensión, sin actividad económica desarrollada, por ello en esta zona normalmente sólo se regulan actividades que dado su especial impacto o peligrosidad provocarían un proceso contaminante imposible de controlar, aún cuando éste se produjera en un lugar alejado de la captación que se desea proteger.

En regiones costeras, donde los procesos de intrusión marina pueden ser causa de fenómenos de salinización del agua subterránea, el perímetro debería incluir una "Zona de protección contra la intrusión salina" en la cual estarían restringidos los bombeos a un nivel que impidiese la degradación de la calidad del agua por efecto del avance del frente salino (situación poco frecuente en el caso de aguas minerales).

En su interior se limitarán las extracciones de agua de todas aquellas actividades (drenaje de marjales, rupturas del cordón litoral, drenajes geotécnicos, etc.) que puedan modificar la posición del frente salino. Su determinación se realizará en base a criterios hidrogeológicos.

Esta zona englobará terrenos que están afectados por las regulaciones indicadas en la Ley de Costas (LC) y en las cuales deberán superponerse dichas restricciones a las ya señaladas en el perímetro de protección.

Así en el artículo 25 de dicha Ley se señala:

LC Art. 25) 1. En la zona de servidumbre de protección estarán prohibidos:

- a) Las edificaciones destinadas a residencia o habitación.
- b) La construcción o modificación de vías de transporte interurbanas y la intensidad de tráfico superior a la que se determine reglamentariamente, así como de sus áreas de servicio.
- c) Las actividades que impliquen la destrucción de yacimientos de áridos.
- d) El tendido aéreo de líneas eléctricas de alta tensión.

- e) El vertido de residuos sólidos, escombros y aguas residuales sin depuración.
 - f) La publicidad a través de carteles o vallas o por medios acústicos o audiovisuales.
2. Con carácter ordinario, sólo se permitirán en esta zona, las obras, instalaciones y actividades que, por su naturaleza, no puedan tener otra ubicación o que presten servicios necesarios o convenientes para el uso del dominio público marítimo-terrestre, así como las instalaciones deportivas descubiertas. En todo caso, la ejecución de terraplenes, desmontes o tala de árboles deberán cumplir las condiciones que se determinen reglamentariamente para garantizar la protección del dominio público.
3. Excepcionalmente y por razones de utilidad pública debidamente acreditadas, el Consejo de Ministros podrá autorizar las actividades e instalaciones a que se refieren las letras b) y d) del apartado 1 de este artículo. En la misma forma podrán ser autorizadas las edificaciones a que se refiere la letra a) y las instalaciones industriales en las que no concurren los requisitos del apartado 2, que sean de excepcional importancia y que, por razones económicas justificadas, sea conveniente su ubicación en el litoral, siempre que, ambos casos, se localicen en zonas de servidumbre correspondientes a tramos de costa que no constituyan playa, ni zonas húmedas u otros ámbitos de especial protección. Las actuaciones que se autoricen conforme a lo previsto en este apartado deberán acomodarse al planeamiento urbanístico que se apruebe por las Administraciones competentes.

En el artículo 23 de dicha Ley se define la zona de servidumbre de protección como “una zona de 100 m. medida tierra adentro desde el límite interior de la ribera del mar” y que “la extensión de esta zona podrá ser ampliada por la administración del estado de acuerdo con la de la Comunidad Autónoma hasta un máximo de otros 100 m.”.

Por otra parte el artículo 3 señala que la ribera del mar incluye “el límite hasta donde alcancen

las olas en los mayores temporales conocidos o cuando lo supere el de la línea de pleamar máxima viva equinocial” extendiéndose también “por las márgenes de los ríos hasta el sitio donde se haga sensible el efecto de las mareas” e incluyendo igualmente las marismas, albuferas y marjales.

Las diversas zonas que han sido descritas anteriormente tienen como objetivo realizar una eficaz protección cualitativa de las aguas minerales y termales. Los criterios y la metodología que debe aplicarse en su delimitación serán descritas en los apartados 5.1 y 5.3.

No obstante en el área delimitada por el perímetro de protección deben ser reguladas además las extracciones de agua del acuífero a fin de garantizar la cantidad del recurso, para lo cual se define la “zona de protección de la cantidad”.

La metodología a aplicar en esta zona difiere notablemente de la empleada en las anteriores y será tratada en el apartado 6.

Por último en el cuadro 4.3 se adjunta una propuesta de planificación de actividades en los perímetros de protección obtenida de ITGE 1991.

4.2. MEDIOS KÁRSTICOS Y/O FISURADOS

La metodología que debe emplearse en estos medios es diferente a la aplicable a los acuíferos en materiales porosos o asimilables, descrita en el apartado anterior. Esto se debe a la heterogeneidad que los caracteriza, con un flujo preferente a través de conductos que actúan como verdaderos ríos subterráneos, y a que el poder autodepurador de estos materiales, si no existe suelo, es mucho menor que en los otros medios. La cuantificación de esta capacidad de depurar del terreno ha sido intentada por algunos autores (ver apartado 5.2. f), si bien frecuentemente es muy difícil su aplicación a las particularidades de cada caso.

En base a la misma (cuando ha sido posible) y a la aplicación de los diversos métodos que serán descritos en apartados posteriores (especialmen-

	Definición de actividades	Zona de restricciones absolutas		Zonas de restricciones máximas y zonas satélites		Zonas de restricciones moderadas			Zona de protección contra la intrusión salina			Zona de protección de la cantidad		
		Prohib.	Prohib.	Condic ★ 1	Permit.	Prohib.	Condic ★ 1	Permit.	Prohib.	Condic ★ 1	Permit.	Prohib.	Condic ★ 1	Permit.
Actividades Agrícolas	Uso de fertilizantes	x	x				x							
	Uso de herbicidas	x	x				x							
	Uso de pesticidas	x	x				x							
	Almacenamiento de estiércol	x	x				x							
	Vertido de restos de animales	x	x				x							
	Ganadería intensiva	x	x				x							
	Ganadería extensiva	x	x					x						
	Almacenamiento de materias fermentables para alimentación del ganado	x	x				x							
	Abrevaderos-refugios de ganado	x	x				x							
	Silos	x	x				x							
Actividades urbanas	Vertidos superficiales de aguas residuales urbanas sobre el terreno	x	x				x							
	Vertidos de aguas residuales urbanas en pozos negros, balsas o fosas sépticas	x	x			x								
	Vertidos de aguas residuales urbanas en cauces públicos	x	x			x								
	Vertido de residuos sólidos urbanos	x	x			x								
	Cementerios	x	x				x							
Actividades industriales	Asentamientos industriales	x	x				x							
	Vertidos líquidos industriales	x	x			x								
	Vertidos residuos sólidos industriales	x	x			x								
	Almacenamiento de hidrocarburos	x	x				x							
	Depósitos de productos radiactivos	x	x			x								
	Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos	x	x			x								
	Conducciones de líquido industrial	x	x			x								
	Conducciones de hidrocarburos	x	x			x								
	Apertura y explotación de canteras	x	x				x							
	Relleno de canteras o excavaciones	x	x					x						
Otras	Campings	x	x				x							
	Ejecución de nuevas perforaciones o pozos	x	x				x			x			x	
	Acceso peatonal	x			x									
	Drenaje de marjalerías y zonas húmedas									x			x	
	Drenajes geotécnicos									x			x	
	Transporte redes de comunicación	x		x			x							

★ 1 El proyecto de instalación de actividades deberá incluir informe técnico sobre las condiciones que debe cumplir para no alterar la calidad existente del agua subterránea.

Fuente: Moreno, L. y Martínez, C., 1991

Cuadro 4.3. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES EN LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

te los métodos hidrogeológicos, modelos matemáticos para medios heterogéneos y el empleo de trazadores) podría definirse la extensión de unas zonas similares a las descritas en el apartado anterior para los medios porosos y asimilables.

No obstante debe remarcarse que la existencia de conductos preferentes hace que a lo largo de los mismos las zonas deban extenderse una longitud mucho mayor, para que se produzca la degradación de los elementos contaminantes en los mismos, y al suponer una gran dificultad su determinación exacta, unido al hecho de que en muchas ocasiones su longitud los haría alcanzar el límite del área de alimentación, hace que en la práctica no se realice esa zonación.

En su lugar es frecuente optar por establecer únicamente dos zonas. La primera correspondería a la descrita previamente como "zona inmediata o de restricciones absolutas" cuyo objetivo es salvaguardar la captación y sus instalaciones de actos de vandalismo y vertidos directos.

La segunda abarcaría toda el área de alimentación.

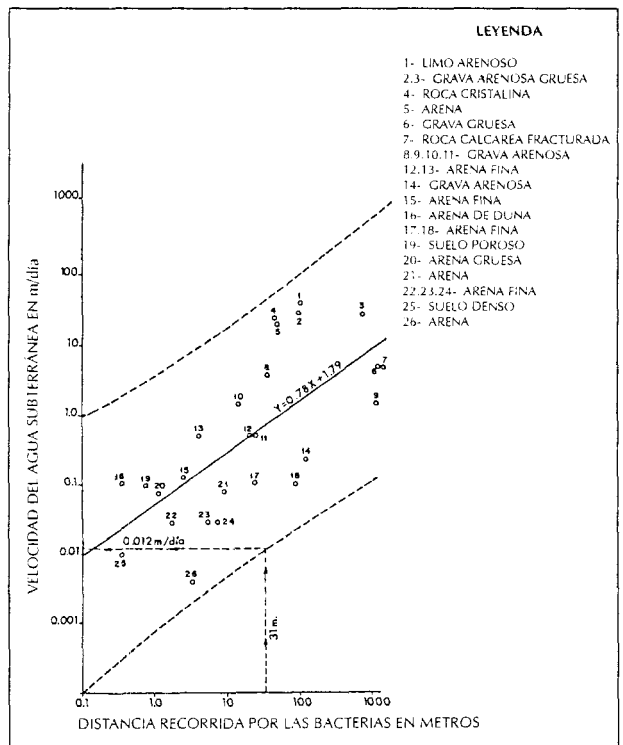
Debido a las especiales características de los acuíferos aquí analizados el perímetro de protección podría abarcar áreas sin continuidad física. Estas, también denominadas "zonas satélite de protección", delimitan superficies alejadas de la captación, sin continuidad física con el cuerpo principal del perímetro pero que presentan una conexión hidráulica directa o preferente con la captación por lo que las restricciones a las actividades serían similares a las del resto del perímetro de protección. Entre éstas cabe destacar por su importancia y abundancia las simas existentes en los acuíferos kársticos.

Este planteamiento es más realista que el establecerse un sistema de zonación mayor, puesto que la complejidad y los elevados coste que implicaría definir el resto de las zonas concretamente para garantizar el objetivo perseguido, exceden frecuentemente las posibilidades de su ejecución en la práctica.

Por último, respecto a la protección de la cantidad, las consideraciones son similares a las ya mencionadas en el apartado 4.1 y serán analizadas en detalle en el capítulo 6.

La depuración en medios fisurados o kársticos es mucho menor que en medios porosos, ello es debido por una parte al menor contacto del agua con la matriz y a la diferente composición de ésta (ambos fenómenos reducen especialmente los procesos de absorción, adsorción e intercambio iónico) y fundamentalmente al menor tiempo de residencia del agua en el acuífero, con lo que gran parte de la degradación de la materia orgánica y microbiológica no se produce.

En la figura 4.2, por ejemplo, se ve como la distancia recorrida por las bacterias no depende únicamente de la velocidad del agua sino del tipo de material atravesado.



Fuente: Mac Ginnis, 1983

Fig. 4.2. DISTANCIA RECORRIDA POR LAS BACTERIAS EN MEDIO SATURADO