



## 6.4. VULNERABILIDAD

La detección de la contaminación de las aguas subterráneas y la evaluación de sus efectos presenta mayores dificultades que en el caso de las aguas superficiales. En éstas últimas, la corrección de efectos no deseables producidos por actividades antrópicas, se pueden resolver una vez controlada la fuente de contaminación, que generalmente se identifica con facilidad; por el contrario, en las aguas subterráneas los problemas de degradación de su calidad natural se observan con mucha frecuencia cuando el proceso de contaminación ha afectado a amplias zonas del acuífero, siendo la adopción de medidas correctoras, no siempre eficaces y de elevado coste, complicada, debido a la complejidad de la evolución del contaminante en el terreno y la consiguiente dificultad para llegar a establecer la relación causa-efecto.

En contrapartida, las aguas subterráneas, en general, se encuentran mejor protegidas que las superficiales y en especial los acuíferos permeables por porosidad intergranular y elevado contenido de minerales de arcilla o materia orgánica en su zona no saturada, que puede atenuar o reducir el efecto de los contaminantes, al actuar como un sistema de protección natural.



Pesquera de Ebro: vulnerabilidad alta.

La vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación expresa el grado de sensibilidad de las aguas subterráneas a una alteración de su calidad natural originada por actividades antrópicas. Dicha vulnerabilidad es función, en gran medida, de una serie de características intrínsecas del acuífero, referidas a la zona no saturada, es decir a la porción de terreno situada sobre la superficie piezométrica. Siguiendo la definición dada, cabe citar entre los factores de los que va a depender la vulnerabilidad:

- Grado de accesibilidad hídrica de la zona no saturada a la infiltración de contaminantes.
- Capacidad de atenuación de la zona no saturada de los contaminantes, como resultado de los procesos físico-químicos y bacteriológicos que en ésta se desarrollan.
- Espesor del acuífero, zona no saturada y profundidad del nivel piezométrico.

No sólo las características intrínsecas del acuífero van a condicionar el grado de afección de las aguas subterráneas como consecuencia de la presencia de un agente contaminante en el terreno, sino que también inciden conjuntamente factores externos, de origen climático (temperatura, precipitaciones, etc) y relativos al contaminante, naturaleza, movilidad, persistencia y su forma de penetración, en particular en relación con la zona no saturada.

La evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas se puede realizar mediante métodos cuantitativos y cualitativos. Entre los primeros, y dado que no es factible, en general, disponer de una valoración cuantitativa de los mecanismos intrínsecos de la contaminación de ámbito regional, los métodos desarrollados, entre los que cabe destacar el DRASTIC (Aller et al., 1987) y el GOD (Foster 1987; Foster e Hirata, 1988 y 1991), utilizan los parámetros físicos que, de una forma general, engloban la mayor parte de los procesos, a los cuales se asigna un valor de acuerdo con una escala y de cuya combinación se obtiene un índice de vulnerabilidad.

En lo que se refiere a los métodos cualitativos el más comúnmente utilizado se basa en el establecimiento de categorías de vulnerabilidad –alta, media y baja– que se determinan según criterios de permeabilidad, espesor y capacidad de atenuación de la zona no saturada, fracturación, profundidad del nivel freático y otros datos que en función de la problemática se consideren de interés.

La *cartografía de vulnerabilidad* de los acuíferos a la contaminación constituye una técnica de representación de este parámetro útil y adecuada a efectos de gestión, al representar un escenario de riesgos ambientales y por tanto facilitar el desarrollo de una planificación adecuada encaminada a la protección de la calidad de las aguas subterráneas. Como objetivos básicos de esta cartografía cabe indicar:

- Caracterizar zonalmente áreas del territorio con el fin de evaluar la posibilidad de penetración y difusión de contaminantes en un acuífero y correlacionar estos datos con la presencia de potenciales focos de contaminación.
- Definir los objetivos de prevención y protección en el marco de la planificación del aprovechamiento del recurso, así como orientar acerca del diseño de redes de observación de las aguas subterráneas.
- Orientar las decisiones en materia de ordenación del territorio y de apoyo a la definición del cuadro de actuaciones en caso de emergencia hídrica.

En el caso de la provincia de Burgos, la cartografía que se presenta se fundamenta básicamente en datos de carácter litológico, geológico, hidrogeológico e hidroquímico, en función de los cuales se delimitan las áreas de diferente rango o categoría de vulnerabilidad, pudiendo coincidir o no esta zonación con las unidades hidrogeológicas que se enmarcan en la provincia. El diferente grado de vulnerabilidad de las distintas áreas se ha expresado cartográficamente mediante un código de colores en el que el color rojo indica mayor vulnerabilidad a la contaminación, el verde un grado bajo y el amarillo unas circunstancias intermedias entre ambas.

En función de los parámetros anteriormente citados, se han fijado tres categorías de vulnerabilidad que, de forma general, se determinan según las siguientes especificaciones:

### Zonas de vulnerabilidad alta

Comprende aquellas formaciones constituidas por materiales permeables por fisuración o karstificación en los que la velocidad de circulación y, por tanto, de propagación de la contaminación, es elevada, con escasa capacidad de retención de los contaminantes y autodepuración muy limitada. Asimismo, se incluyen en este grupo los materiales permeables por porosidad intergranular en los que la zona no saturada es insuficiente para proporcionar la protección necesaria para preservar la calidad del agua almacenada. La distinta intensidad del color asignado (rojo) a ambos tipos de materiales intenta reflejar el hecho de que, salvo peculiaridades locales, la vulnerabilidad es mucho mayor en los acuíferos fisurados y karstificados que en las formaciones detríticas, dado el mayor grado de autodepuración de éstos últimos.



Complejo kárstico de Ojo Guareña. Merindad de Sotoscueva: vulnerabilidad alta.

### Zonas de vulnerabilidad media

Se consideran incluidas dentro de este grupo las ocupadas por materiales anisótropos, tanto en la vertical como en la horizontal, o bien por materiales de moderado interés hidrogeológico. En este tipo de materiales es imprescindible la realización de estudios de detalle que permitan precisar la vulnerabilidad real de cada caso concreto; así, en áreas asignadas cartográficamente a este grupo (color amarillo) existen zonas claramente vulnerables próximas a otras que presentan una mínima vulnerabilidad. De igual modo, en áreas consideradas de moderado interés hidrogeológico pueden existir zonas de escasa entidad pero cuya importancia puntual requiera una especial protección.



### Zonas de vulnerabilidad baja

Diferenciadas en color verde, corresponden a las consideradas desde el punto de vista hidrogeológico como impermeables o de muy baja permeabilidad. Ocasionalmente se incluyen dentro de esta categoría acuíferos que almacenan agua de calidad natural deficiente para los distintos usos, como es el caso de los materiales yesíferos triásicos.

Al mapa de vulnerabilidad se ha incorporado también la información relativa a espacios naturales protegidos, declarados o en tramitación, cuya delimitación se incluye en la representación gráfica, con el objetivo de orientar los planes de ordenación territorial, ya que la planificación de

actividades deberá tener en cuenta, además de los distintos rangos de vulnerabilidad, la normativa específica que establezca la declaración. La descripción y características de los espacios naturales: Monumento Natural de Ojo Guareña, Monumento Natural Montes Santiago y Parque Natural del Cañón del Río Lobos, ya declarados, y los Parques Naturales de Montes Obarenes, Sierra de la Demanda y Sabinas del Arlanza o La Yecla, en tramitación, se recoge en el capítulo "El Agua y el Medio Ambiente" de este Atlas.

Tras el análisis de los factores antes reseñados y como resumen de la cartografía que se acompaña, se agrupan las diversas zonas que, en función de sus características, se han delimitado en la provincia.

## INDICE DESCRIPTIVO DE LA ZONA

### Vulnerabilidad baja

- Materiales paleozoicos, pizarras, esquistos, grauwacas y areniscas del Cámbrico y Carbonífero, aunque puntualmente como consecuencia de la fracturación puedan presentar cierta permeabilidad.
- Areniscas y conglomerados cementados wealdienses, que se localizan en la sierra de la Demanda y el borde meridional de la cordillera Cantábrica.
- Arcillas y margas del Keuper presentes en la sierra de la Demanda y estribaciones meridionales de la cordillera Cantábrica.
- Facies arcillo-margosas miocenas, situadas en los dominios de las cuencas del Duero y Ebro.

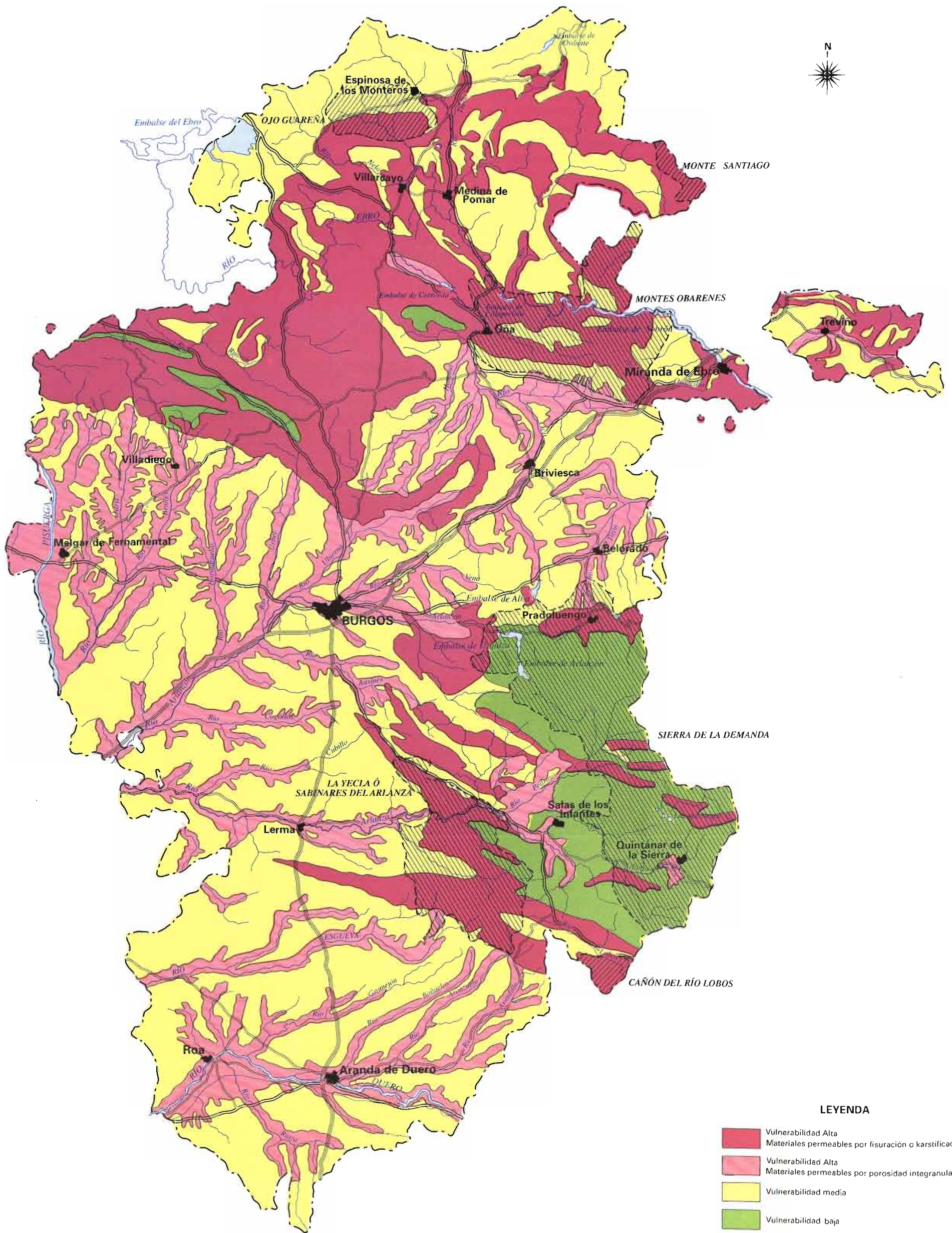
### Vulnerabilidad media

- Arenas y arcillas albienses de espesor y características hidrogeológicas variables, localizadas en los bordes de la sierra de la Demanda y cordillera Cantábrica.
- Conglomerados oligocenos en el borde de los macizos montañosos del norte y sector oriental del Condado de Treviño.
- Mioceno detrítico de facies arcillo-limosas, en el que los niveles permeables son lentejones de arenas y la matriz arcillo-arenosa es de carácter semipermeable.

### Vulnerabilidad alta

- Calizas y dolomías jurásicas y cretácicas, situadas en los bordes del terciario de la cuenca del Duero.
- Calizas dolomíticas muy karstificadas rethienses, presentes en el borde septentrional de la sierra de la Demanda.
- Dolomías y calcarenitas bioclásticas paleocenas, de transición Cretácico-Terciario, que se localizan en el Condado de Treviño.
- Calizas pontienses, situadas en la parte occidental de la provincia entre los ríos Pisuerga, Arlanzón y Arlanza.
- Rañas de escasa representación, que se localizan en la parte septentrional de la sierra de Pradales.
- Aluviales de los principales ríos que atraviesan la provincia (Pisuerga, Arlanzón, Arlanza y Duero), constituidos por gravas, arenas y limos de espesor variable.

# MAPA DE VULNERABILIDAD



ESCALA : 1: 600.000  
 0 1 5 10 15 20km

## LEYENDA

- Vulnerabilidad Alta  
Materiales permeables por fisuración o karstificación
- Vulnerabilidad Alta  
Materiales permeables por porosidad intergranular
- Vulnerabilidad media
- Vulnerabilidad baja
- Limite de espacio natural
- Espacios naturales declarados
- Espacios naturales en tramitación

Fuente: ITGE - Junta de Castilla y León  
 Dirección General del Medio Ambiente