



**INFORME FINAL DEL SONDEO DE
INVESTIGACION PARA EL ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE A LA LOCALIDAD DE
MONREAL DEL LLANO (CUENCA) Y
PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN**

Octubre 2010

Sondeo: Monreal-1

Término municipal: Monreal del Llano **Provincia:** Cuenca

Sonda/contratista: RotoperCUSión /EDASU

SITUACIÓN:

Hoja topográfica: N° 689 Belmonte

Número Hoja/octante: 2227/8

Coordenadas U.T.M.: X= 519868; Y = 4381300

Cota aproximada: 790 (+/-) 10 m s.n.m.

CARACTERÍSTICAS:

Profundidad: 193 m.

Paraje: : Junto al depósito, a 210 m al SE de la actual captación y a 1400 m al NO de la localidad.

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

2. EJECUCIÓN DEL SONDEO

2.1. Situación

2.2. Características específicas de la obra

2.2.1. Consideraciones constructivas

2.2.2. Perfil litológico

2.2.3. Acondicionamiento de la obra

2.2.4. Hidroquímica

2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

2.2.6. Resultados del ensayo de bombeo

2.3. Resultados obtenidos

3.PROPOSTA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

3.1. Marco hidrogeológico regional

3.2. Marco hidrogeológico local

3.3. Vulnerabilidad del acuífero

3.3.1. Inventario de focos de contaminación

3.3.2. Estimación de la vulnerabilidad

3.4. Perímetro de protección de las captaciones

4. BIBLIOGRAFÍA

ANEXO I

Tablas utilizadas para calcular los índices del método de Rehse

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del convenio de asistencia técnica suscrito entre el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) y la Excma. Diputación Provincial de Cuenca, en ABRIL DE 2010 se redactó el “*Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable a la localidad de Monreal Del Llano (Cuenca)*”, en el que se recomendaba, de acuerdo con las características geológicas e hidrogeológicas de la zona, la perforación de un sondeo.

1.1. Objetivo

El objetivo era obtener agua de buena calidad y con un caudal suficiente para atender la demanda máxima de agua del municipio de Monreal del Llano, cifrada en 0.5 L/s. La problemática existente era el repentino deterioro del sondeo actual y la gran turbidez existente, que motivaba el abastecerse mediante cisternas suministradas por la Diputación.

2. EJECUCIÓN DEL SONDEO

2.1. Situación

El sondeo MONREAL-1 se ubicó a Junto al depósito, a 210 m al SE de la actual captación y a 1400 m al NO de la localidad un km al Norte de la población.

Esta ubicación corresponde a un punto de la hoja nº 689 "Belmonte" de coordenadas U.T.M. X= 519868; Y = 4381300 y una cota aproximada de 790 (+/-) 10 m s.n.m.

2.2. Características específicas de la obra

33.2.1. Consideraciones constructivas

La ejecución del sondeo se realizó durante la segunda quincena de julio de 2010 (figura 1).



Figura 1- Vistas de la perforación del sondeo Monreal-1

La perforación del sondeo se realiza con un diámetro de 381 mm de 0-6 m, de 312 mm de 6-123 m y de 123 a 193 m con un diámetro de 220 mm.

3.2.2. Perfil litológico

De acuerdo con el informe hidrogeológico previo realizado, los materiales atravesados en los sondeos se corresponden principalmente a materiales de edad cretácica y jurásica.

Se perforaron los siguientes materiales (figura 2):

- 0-4 m: caliza cristalina blanca y rosada
- 4-6 m: caliza cristalina blanco-grisácea con algo de arcilla roja de descalcificación
- 6-10 m: arcilla margosa de color gris verdoso, con algún canto de caliza
- 10-14 m: arcilla margosa de color rojo intenso
- 14-16 m: arcilla margosa roja y gris-verdosa
- 16-22 m: arcilla margosa y marga de color gris verdoso
- 22-28 m: arcilla margosa de tonos gris verdoso y rojiza, con algún fragmento de caliza cristalina blanca
- 28-30 m: el mismo tipo de arcilla con fragmentos de caliza detrítica (terrosa) de tono rojizo
- 30-34 m: marga-limosa con fragmentos de caliza esparítica y algo detrítica también rojiza. La fracción más fina (la marga-limosa) posiblemente sea la caliza terrosa sumamente machacada.
- 34-36 m: Igual terreno con algo de marga gris-verdosa que le da algo de plasticidad a la muestra
- 36-44 m: Caliza terrosa muy machacada de tono blanco-rosado con algo de arcilla y marga .
- 44-54 m: caliza algo dolomítica de tono claro (blanco sucio, marrón claro). Es ligeramente terrosa
- 54-64 m: marga gris verdoso (margas verdes típicas)
- 64-76 m: marga arcillosa de tono gris verdoso, algo claro que el tramo anterior
- 76-84 m: marga limosa marrón claro (podríaan ser, como en el tramo previo, calizas terrosas muy machacadas)
- 84-86 m: igual con fragmentos de caliza terrosa marrón claro
- 86-88 m: falta la muestra
- 88-96 m: muestra muy machacada, pero se aprecian fragmentos de arenisca silíceo ocre, de matriz carbonatada
- 96-100 m: faltan las muestras
- 100-106 m: arena silíceo
- 106-108: arena silíceo con algo de arcilla rojiza
- 108-114 m: arena silíceo con algo (poco) de arcilla. Se corta agua. Estamos en el cambio de litológica,

en la base del tramo arenoso. El terreno se cae un poco.

114-118 m: muy poca muestra. Posibles calizas rojas. Se repasa esta varilla varias veces antes de meter otra.

118-124 m: Igual, poca muestra pero el martillo percute sobre terreno duro (no es como en el tramo arenoso). Fragmentos de calizas rojas y algún pegote de marga arcillosa verdosa (posiblemente desprendido de arriba)

Las formaciones atravesadas parecen corresponder a:

0-6 m: Fm Dolomías de la Ciudad Encantada

6-21 m: Fm Margas de Casa Medina

22-36 m: Fm. Dolomías Tableadas de Villa de Ves

36-54 m: Fm. Dolomías de Alatoz

54-76 m: Fm. Margas de Chera

76-114 m: Fm. Arenas de Utrillas

114-124 m: Facies Weald o Jurásico.

124-193 m. Jurásico.

3.2.3. Acondicionamiento de la obra

En el sondeo MONREAL-1 se instaló una tubería ciega de 320 mm del tramo entre 0-6 m, otra de 0-123 m con un diámetro de 250 mm, con una cementación abajo para aislar el tramo arenoso. La parte perforada posteriormente no se entubó.

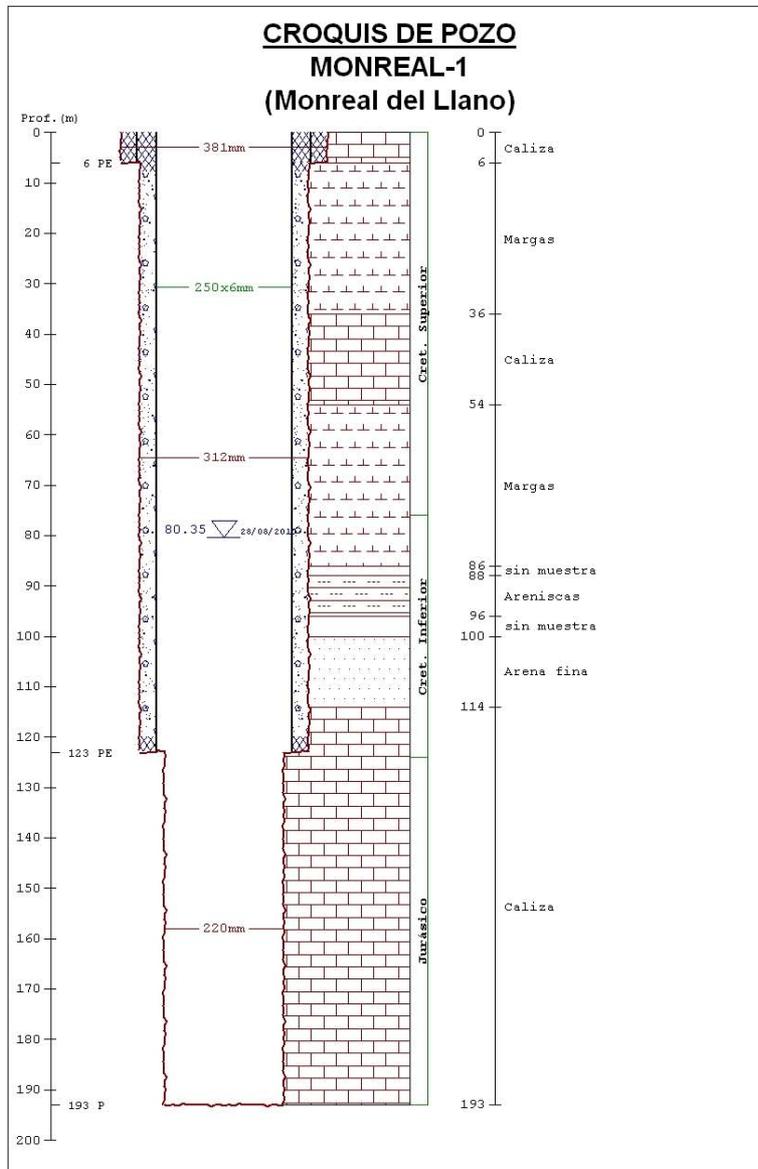


Figura 2.- Perfil constructivo del sondeo Monreal-1.

2.2.4. Hidroquímica

Las aguas analizadas muestran un agua sulfatada cálcica, con bajos contenidos en nitratos (16 mg/L) y conductividad notable (1273 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (tabla 1).

Fecha	7/10	F	0.669
Cl	28	Mg	72
SO ₄	552	Ca	214
HCO ₃	233	pH	7.17
CO ₃	0	NO ₂	0
NO ₃	16	NH ₄	0
Na	12	Conductividad	1273

Tabla 1.- Componentes químicos (en mg/L), conductividad (en $\mu\text{S/cm}$) del sondeo perforado.

2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

Desde el punto de vista hidrogeológico el sondeo afecta a los acuíferos cretácicos de la m.a.s. 04.01 "Sierra de Altomira", perteneciente a la cuenca del Guadiana. La profundidad del nivel piezométrico era de 80.35 m (7/2010) o una cota piezométrica de 709.65 m s.n.m.

2.2.6. Resultados del ensayo de bombeo

BOINS S.L. realizó un ensayo de bombeo entre los días 22 al 23 de julio de 2010. Se realizaron 3 escalones: 7 h (4 L/s), 8 h (8 L/s), 4 h (14 L/s) y 4 h (11.5 L/s). El resultado obtenido es poco interpretable ya que no se llega a estabilizar claramente con ningún caudal. El descenso total es de 33.65 m. Una aproximación de la transmisividad puede ser del orden de 30 m²/día. Para un descenso máximo de 10 m y un tiempo de bombeo de 30 días, el caudal de explotación recomendable es de 2 L/s.

2.3. Resultados obtenidos

El sondeo MONREAL-1 alcanzó una profundidad de 193 m. Dicho sondeo se consideró positivo y, tras la prueba de bombeo se recomienda un caudal de explotación de 2 L/s.

Se desconoce la calidad química y bacteriológica del agua para el consumo humano, ya que aún no se ha realizado el correspondiente informe sanitario por parte de la

Junta de Castilla-La Mancha. No obstante en el análisis químico realizado por el IGME se han determinado que las aguas cumplen lo establecido en el anexo B del RD 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

3.PROPOSTA DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

3.1. Marco hidrogeológico regional

Regionalmente, la zona estudiada se encuentra en la m.a.s. 041.001 Sierra de Altomira, en su extremo meridional, perteneciente a la cuenca del Guadiana (figura 3).

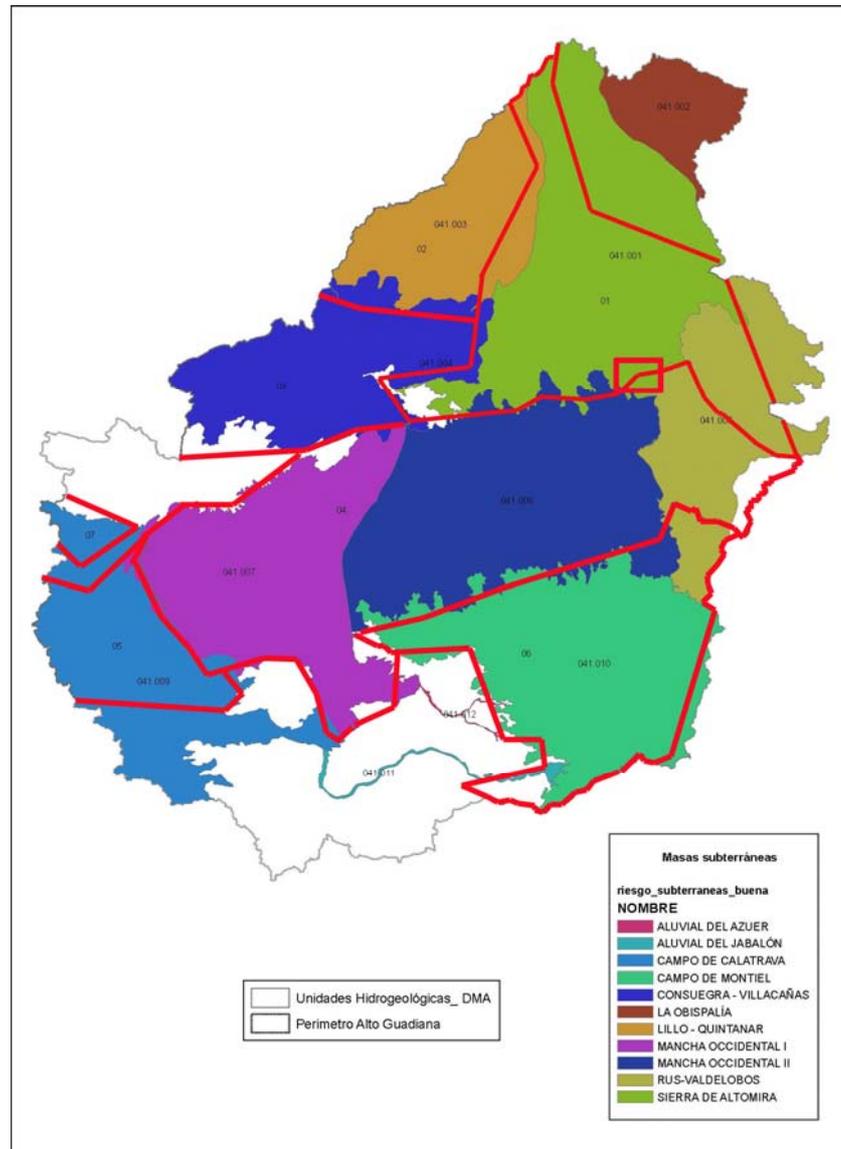


Figura 3.- Situación del área estudiada en las antiguas UU.HH. y actuales m.a.s.

La m.a.s. Sierra de Altomira (041.001) está considerada como un acuífero complejo,

el cual funciona en régimen libre o de semiconfinamiento en profundidad, cuyo acuífero principal está constituido por los materiales jurásicos. El límite oriental está definido por la divisoria hidrográfica de las cuencas del Guadiana y Júcar por una parte, el contacto con la m.as. (041.002) La Obispalía al NE y el contacto con la vecina m.a.s. (041.005) Rus-Valdelobos al SE. En su parte occidental limita con las m.a.s. (041.003) Lillo-Quintanar y (041.004) Consuegra-Villacañas y en su parte más meridional limita con la ma.s. (041.006) Mancha Occidental II, en contacto con los materiales terciarios de la fosa manchega y con la (041.005) Rus-Valdelobos.

Los acuíferos están formados por una serie de calizas y dolomías jurásico-cretácicas que se apoyan sobre una base impermeable de arcillas, margas y yesos triásicos y que pueden alcanzar una potencia de hasta 1.100 m en el sector oriental de la cuenca. Sobre ellas se sitúa una serie margo-yesífera del tránsito cretácico-terciario y una sucesión de depósitos de origen continental, detríticos a evaporíticos, de edades paleógenas y miocenas y potencias superiores a los 300 m, coronada por afloramientos dispersos de calizas de reducido espesor (IGME, 1983).

La estructura tiene una gran importancia en el funcionamiento hidrogeológico. Así, los niveles margosos que favorecen el despegue de las distintas escamas y cabalgamientos funcionan como impermeables de base que individualizarán acuíferos. Los pliegues anticlinales y sinclinales funcionarán de divisoria de flujo subterráneo, así como las fallas que individualizan bloques y definen las depresiones terciarias. Se consideraba que el funcionamiento de los acuíferos podía ser libre o semiconfinado, según las zonas.

Sin embargo, esta es una simplificación que no refleja la realidad, en cuanto existen más acuíferos que se explotan. Así específicamente se pueden considerar las siguientes formaciones acuíferas, que de techo a base son:

-Acuíferos carbonatados jurásicos: aunque se tiende a considerar un único acuífero,

se han identificado en los sondeos de investigación hidrogeológica, diferentes horizontes acuíferos, algunos de interés más local y con calidades químicas distintas.

-***Acuíferos detríticos cretácicos***: las Facies Weald y Utrillas, de escaso espesor y poco afloramiento, sí suponen acuíferos de interés local.

-***Acuíferos carbonatados cretácicos***: todo el conjunto, que corresponde a la alternancia de calizas y margas del Cenomaniense hasta los depósitos calcodolomíticos turonienses. Al estar más próximo a la superficie, es el acuífero más intensamente explotado.

-***Acuífero calco-yesífero del tránsito cretácico-terciario***: aunque su utilización está condicionada por la mala calidad del agua, muy mineralizada, potencialmente supone un gran recurso muy poco explotado.

-***Acuíferos detríticos terciarios***: típico acuífero multicapa, con horizontes arenosos y conglomeráticos alternantes con arcillas, y con cambios laterales de facies hacia litologías más evaporíticas, constituye otro acuífero poco conocido y de gran potencial.

-***Acuíferos carbonatados terciarios***: constituyen pequeños acuíferos que hacia el S presentan mayores extensiones pero poco espesor que aparecen, también próximas a la superficie, sobretodo hacia el S del sistema acuífero, siendo muy vulnerables a las afecciones, tanto de explotación como de calidad de las aguas.

Existen dos direcciones principales, hacia el río Cigüela y hacia los ríos Saona, Záncara y Rus, esto es, en dirección SE.

Los acuíferos carbonatados jurásicos muestran una circulación preferente hacia el S, hacia Mancha Occidental y Mancha Oriental. No obstante existe un flujo desde la cuenca del Tajo, al N, correspondiente a la m.a.s. (030.014) Entrepeñas y desde el S, de la (041.010) Campo de Montiel. También se define una conexión hidráulica hacia el O, con la m.a.s. (041.003) Lillo-Quintanar, y la m.a.s. (041.004) Consuegra-Villacañas; así como al E a la Cuenca del Júcar. No obstante, dentro de la propia m.a.s. existen áreas desconectadas, principalmente entre los de la zona central y zona

occidental. Así se define una circulación hacia el río Cigüela al N y hacia el río Riansares, al O (figura 4).

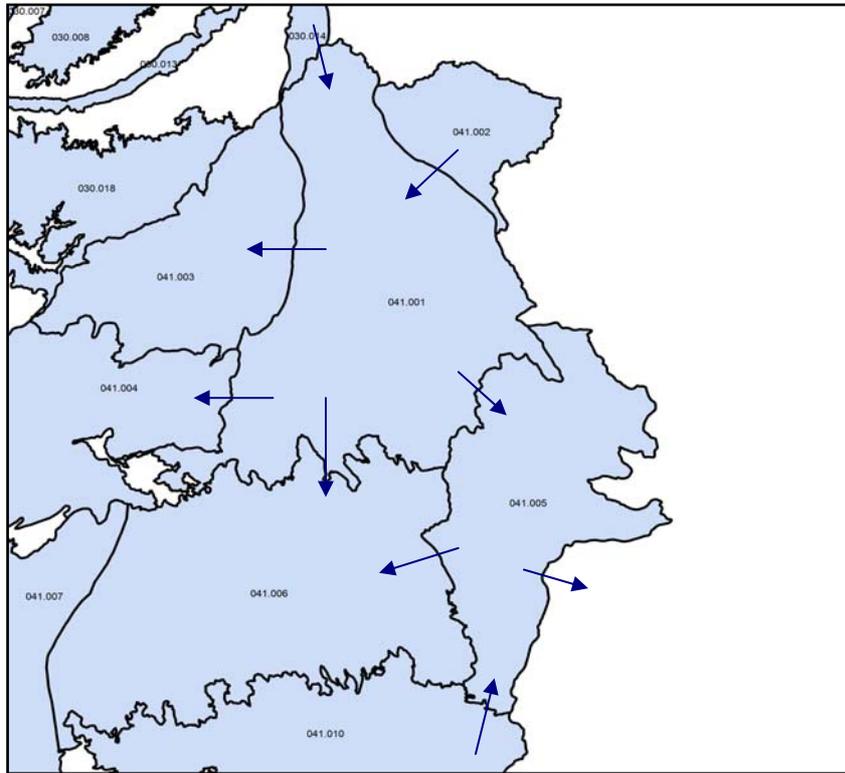


Figura 4.- Flujo de aguas subterráneas entre m.a.s (IGME, 2009).

La dirección de flujo de los acuíferos carbonatados cretácicos es hacia el S, a los acuíferos de Mancha Oriental y Occidental, aunque en la zona septentrional, de manera local, los acuíferos drenan hacia los cursos de agua superficiales, Riansares y Bedija. La recarga, aparte de provenir de la infiltración de la lluvia a través de las superficies aflorantes o del goteo de los materiales terciarios, puede provenir de la conexión al E con los materiales detríticos de la Depresión Intermedia y de la conexión con el acuífero cretácico de la Serranía de Cuenca. Otro hecho a señalar, es la existencia, dentro del conjunto de formaciones cretácicas, de distintos niveles acuíferos, evidencia de una diferente litología y propiedades, con presencia de yesos, como horizontes con diferente fracturación que pueden presentar diferencias en cota piezométrica .

Los acuíferos carbonatados jurásicos y cretácicos no están conectados en la zona septentrional, existiendo una clara diferencia de cotas piezométricas de ambos acuíferos, sin embargo, conforme se aproxima hacia el contacto con Mancha Occidental y la superficie es más extensa y menos plegada, parece existir una conexión hidráulica entre ambos acuíferos.

En un estudio en realización del IGME/diputación de Cuenca se han descrito distintos sistemas acuíferos independizados entre sí tanto para los acuíferos jurásicos como para los cretácicos, que pueden tener conexiones entre sí, pero que, debido a la compleja estructura existente, estarán independizados. Las isopiezas y distribución se recogen en la figura 5.

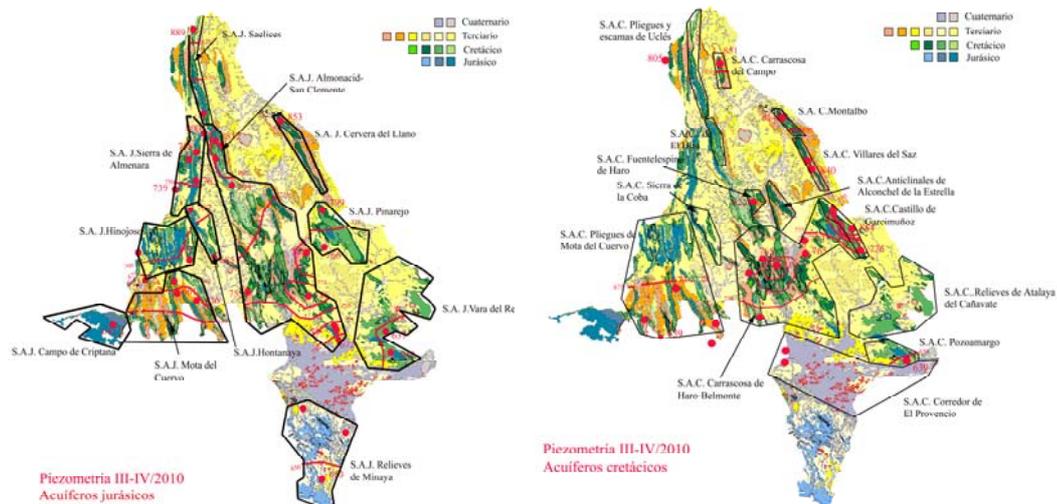


Figura 5. Piezometría estimada para los acuíferos jurásico y cretácico.

El área estudiada se encuentra dentro del S.A.J. Hontanaya. Situado entre la depresión de Tresjuncos al este y la depresión de Monreal al O. Capta los tramos superior e inferior, aunque el primero en el sondeo de Hontanaya se encontraba seco. La transmisividad es del orden de 300 m²/día, con caudales de explotación del orden de 10 l/s.

3.2. Marco hidrogeológico local

Calizas del Cretácico Superior

Se encuentran bajo los depósitos terciarios. El sondeo de abastecimiento de Monreal del Llano las capta pero en la actualidad están secas. En 1961 se perforó un sondeo alejado unos 200 m del definitivo, con una profundidad de 150 m, que captaba estos materiales, pero que su escaso caudal hizo desistir en su explotación.

En sus proximidades, a 8 km, se captan como uno de los abastecimientos de Los Hinojosos, en sondeo La Estrella (tabla 2). Se estima una transmisividad de 40 m²/día. Las aguas son de facies sulfatadas cálcicas, con una conductividad de 970 µS/cm y un contenido en nitratos de 39 mg/L en marzo de 2001.

Nº INVENTARIO	NAT.	COTA (m s.n.m.)	P (m)	Q (L/s)/ fecha	PNP (m)
Las Atalayas	S	762	150		4.58 (4/74)
La Estrella	S	790	224	15	43.5 (11/80) 60 (3/01)

Tabla 2.- Inventario de puntos de agua asociados a las calizas cretácicas.

Calizas y dolomías del Jurásico

Asociado a estos materiales se encuentra el actual sondeo de abastecimiento (tabla 3). Entre junio de 1979 y abril de 2010 la PNP ha descendido 11.6 m. En 1979 se estimó una transmisividad del orden de 30-43 m²/día.

Nº INVENTARIO	NAT.	COTA (m s.n.m.)	Prof. (m)	Q (L/s)/ fecha	PNP (m)
S.Abastecimiento	S	780	170	4 (4/10)	63 (6/79) 84.6 (4/10)
Monreal-1	S	790	193	3	80.35 (8/10)

Tabla 3.- Inventario de puntos de agua asociados a las calizas y dolomías del Jurásico.

Hidroquímicamente son aguas sulfatadas cálcicas cuyo contenido en nitratos, una vez aislado de los acuíferos superiores, es bajo, del orden de 16 mg/L.

3.3. Vulnerabilidad del acuífero

3.3.1 Inventario de focos de contaminación

En el entorno del Sondeo Monreal-1 es un área de campos de cereal, olivos y árboles frutales, siendo el sondeo antiguo el único foco de contaminación potencial si no se incide en su aislamiento y protección.

3.3.2. Estimación de la vulnerabilidad

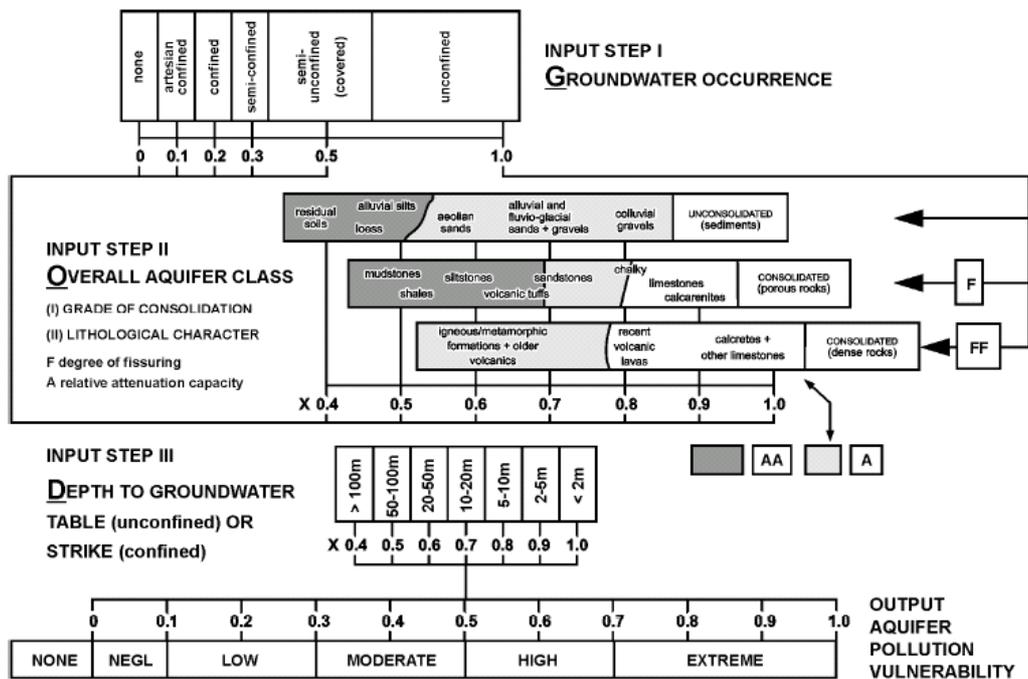
Una de las metodologías más adecuadas para la determinación de la vulnerabilidad es la realización de una cartografía de vulnerabilidad. Para ello se pueden usar distintos métodos, aunque uno de ellos es el índice GOD. Este método propuesto por Foster (1987), se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a 3 variables que son las que nominan el acrónimo:

G- tipo de acuífero.

O- litología de cobertura del acuífero

D- profundidad del agua o del acuífero.

En la figura 6 (Foster e Hirata, 1991) se reproduce el diagrama para cualificar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación. Los tres índices que se multiplican entre sí, resultan en uno final que puede variar entre 1 (vulnerabilidad máxima) y 0 (mínima).



GOD empirical system for the rapid assessment of aquifer contamination vulnerability (from Foster, 1987).
Editorial note: Corrections received from the author
 Step I: substitute "overflowing" for "artesian confined"; Step II: title should be "Overlying Lithology"; Output: omit "none".

Figura 6.- Esquema de la valoración del índice GOD.

El acuífero jurásico se considera de carácter confinado ($G=0.2$). En cuanto a la capacidad protectora que ofrecen los materiales que se encuentran por encima del acuífero, esta variará para cada celda. Así, cuando se trate de materiales carbonatados karstificados y/o figurados cretácicos se le otorga un valor elevado de $O = 0.9$; si se consideran los materiales detríticos terciarios se consideran del tipo $O=0.7$.

La profundidad a la que se encuentra el techo de la formación acuífera no variará demasiado en el entorno, encontrándose en la zona más próxima a la superficie a una profundidad de 124 m y $D=0.4$.

Por ello el cálculo del índice GOD ofrece unos valores comprendidos entre 0.05-0.07 considerándose por tanto en todo el área la vulnerabilidad negligible.

3.4. Perímetro de protección de las captaciones

Habitualmente es recomendable para el diseño de un perímetro de protección de captaciones para abastecimiento urbano la definición de tres zonas de protección:

- Zona inmediata o de restricciones absolutas: tiempo de tránsito 1 día o área fija de 100-400 m². Suele estar vallada.
- Zona próxima o de restricciones máximas: tiempo de tránsito 50 días. Protege de la contaminación microbiológica con criterios hidrogeológicos. En algunos estudios se ha usado el descenso del nivel piezométrico o el poder autodepurador.
- Zona alejada o de restricciones moderadas: se usa el tiempo de tránsito de varios años en función de los focos contaminantes, criterios hidrogeológicos o ambos.

El acuífero captado es de tipo confinado. Ello implica que la protección del acuífero está favorecida por la ZNS y el suelo, así como por la intercepción de niveles arenosos y calizos más superficiales y aislados en el sondeo nuevo.

Para la definición de zona de restricciones absolutas se propone aplicar un área fija que contemple el vallado y protección del área que encierre al sondeo nuevo. Los límites corresponden a los ya existentes del terreno municipal y estarán marcados por dos pistas de acceso y el perímetro de los depósitos, ocupando una superficie de 1750 m² o cuatro lados de 69x31x 47x31 m. La captación debe estar adecuadamente protegidas de efectos exteriores: cierre de la cabeza de la tubería del sondeo, un suave cono con una inclinación para la circulación de agua, con un diámetro de unos

2 m y aislamiento del exterior (figura 7).

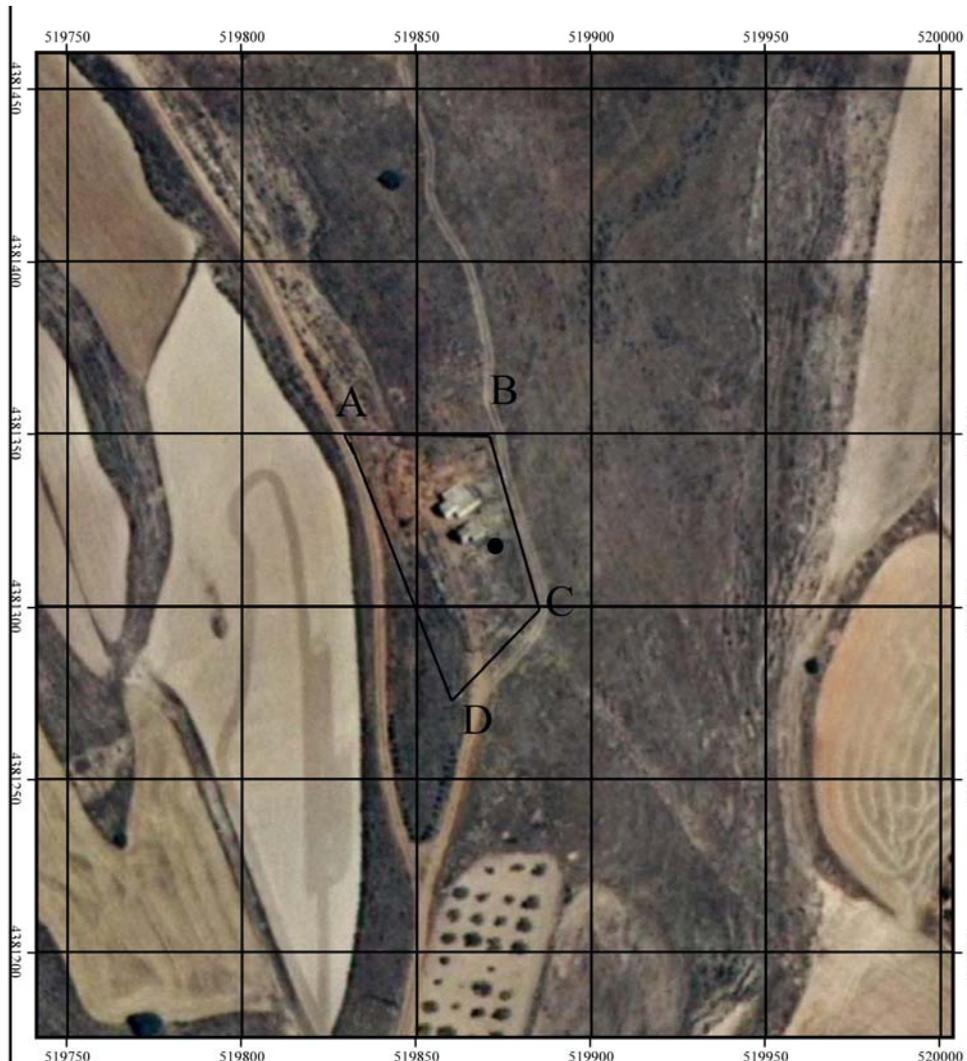


Figura 7. Propuesta de perímetro de protección con restricciones absolutas.

Para determinar la zona de protección próxima o de restricciones máximas y moderadas se ha de considerar que el acuífero es confinado y que tiene sobre el techo del acuífero otra formación acuífera, carbonatada cretácica de 54 m en el sondeo, un horizonte margoso impermeable de 22 m infrayacente y 46 m de una formación detrítica también cretácica. Aunque en otras zonas de la m.a.s. pueda existir una conexión entre ambas formaciones carbonatadas, en la zona del sondeo no parece producirse tal hecho. Asimismo, el sondeo se sitúa en un eje anticinal, pero en el

entrono, las formaciones carbonatadas cretácicas se encuentran a su vez, cubiertas por otro conjunto de materiales arcillo-arenosos detríticos terciarios. Por tanto estas formaciones protegerán al acuífero en la zona del sondeo. No obstante, dicho acuífero en sus zonas de recarga si que debe recibir una influencia antrópica que explique el contenido en nitratos de 20-30 mg/L.

El método de Rehse para el cálculo del poder depurador de los materiales (IGME, 1991) contempla que el poder depurador viene dado por:

$$M_x = M_{zns} + M_{zs}$$

Donde M_x es el poder depurador sobre la totalidad del transporte, M_{zns} es el poder depurador en el trayecto vertical (zona no saturada) y M_{zs} es el poder depurador en el trayecto horizontal (zona saturada) (anexo I).

La depuración será completa cuando M_x sea mayor o igual a 1.

Aplicado al caso del sondeo MONREAL-1, se obtiene lo siguiente:

M_{zns} = Suma de los diferentes espesores de materiales en la ZNS multiplicado por el índice de depuración de cada uno de estos materiales según Rehse.

Tramo de calizas :

$$\begin{aligned} M_{zns} &= \text{Espesor del tramo} \times \text{índice de depuración de Rehse} \\ &= 88 \times 0.0025 = 0.22 \end{aligned}$$

Tramo de margas:

$$M_{zns} = 22 \times 0.4 = 8.8$$

Tramo de arena fina a media:

$$M_{zns} = 16 \times 0.17 = 2.72$$

$$\text{Poder depurador total de la zona no saturada} = 0.22 + 8.8 + 2.72 = 11.74$$

Si M_r es mayor o igual a 1 la depuración en la ZNS es completa y según Rehse no es necesario determinar ningún perímetro de protección de la calidad ya que se considera que los materiales de la ZNS suponen una barrera depuradora natural que garantiza la protección del acuífero.

No obstante, la proximidad del antiguo sondeo y que otro sondeo que pueda perforarse en el entorno pudiera suponer una vía de circulación preferencial, se considerará para el perímetro de restricciones moderadas el mismo que el de cantidad (figura 8, tabla 4).

Respecto al establecimiento del perímetro de protección de la cantidad, los sondeos que se perforen dentro del perímetro de protección, no deben afectar al sondeo del Ayuntamiento, por lo que se les deberá exigir la realización de un ensayo de bombeo y controlar durante la realización del mismo que no afecte notablemente al sondeo municipal. Asimismo, su construcción debe ser adecuada, para evitar la contaminación a través del sondeo, del acuífero jurásico. También es recomendable el clausurar el sondeo antiguo, si no se prevé recuperarlo, para evitar que pueda ser una vía de circulación preferencial para contaminantes potenciales.

Se delimita este perímetro con el apoyo de criterios hidrogeológicos, en función del grado de afección que podrían producir determinadas captaciones en los alrededores. Se calcula el descenso en el nivel piezométrico que podrían provocar sondeos de semejantes características a las del sondeo a proteger, situados a determinadas distancias.

Para los cálculos de descensos se utiliza la fórmula de Jacob:

D = Descenso del nivel piezométrico

T = Transmisividad = $30 \text{ m}^2/\text{día}$

Q = Caudal (caudal máximo del sondeo a proteger: $2 \text{ l/s} = 172.8 \text{ m}^3/\text{día}$)

t = Tiempo de bombeo (generalmente 120 días)

r = Distancia al sondeo de captación (1000 m)

$S = \text{Coeficiente de almacenamiento} = 0.00005$

Con los datos indicados se obtiene el descenso provocado por el sondeo municipal, que explote 2 l/s durante 120 días continuados, y considerando un radio de 3000 m de distancia, se producirá a esa distancia un descenso de 1.3 m. Dicho descenso se considera razonable, puesto que la columna de agua del acuífero confinado es de 44 m y el descenso producido será inferior al 10% de dicha columna. Por tanto, dentro de ese radio no se puede realizar ninguna captación de extracción de agua subterránea. El perímetro, para su mejor representación y gestión se ha representado de manera poligonal, adaptándolo mediante criterios hidrogeológicos.

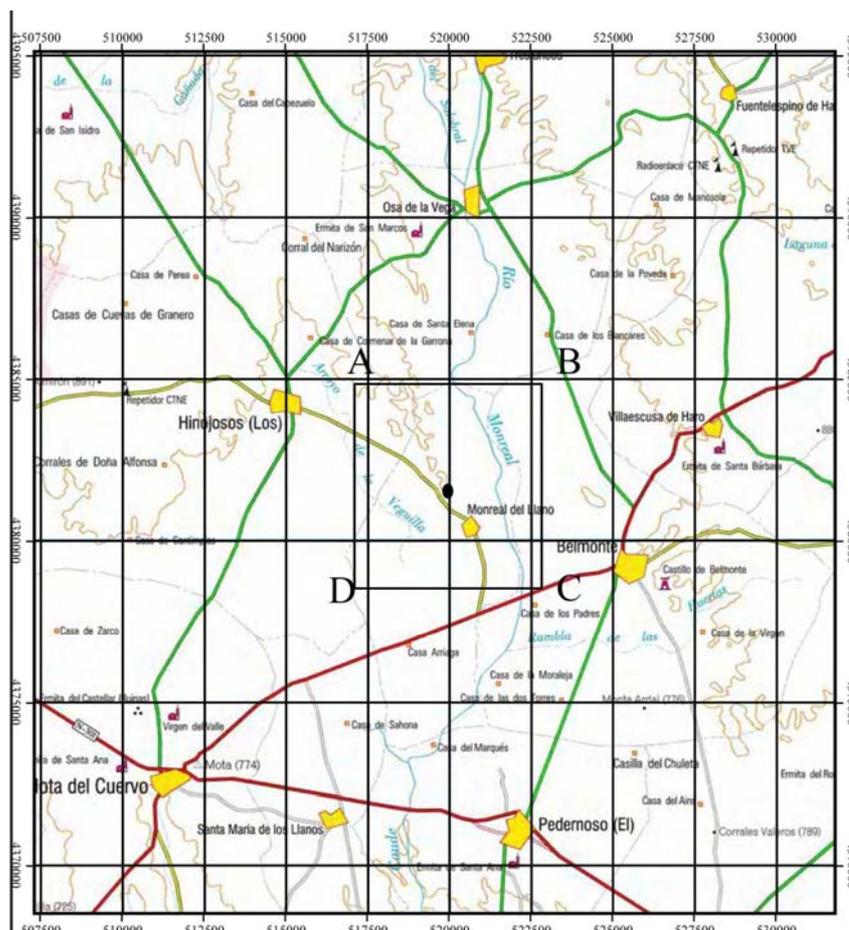


Figura 8.- Propuesta de perímetro de protección moderado y de cantidad.

Tabla 4. Poligonales del perímetro de protección de la cantidad y de la calidad propuesto.

	Nº PUNTO	COORDENADAS UTM (X)	COORDENADAS UTM (Y)	Z (m s.n.m.)
ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS	A	519830	4381350	790
	B	519870	4381350	790
	C	519885	4381300	790
	D	519860	4381280	790
ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS	A	516900	4385085	800
	B	523122	4385085	760
	C	523122	4378652	760
	D	516900	4378652	740

Las actividades a restringir en las distintas zonas del perímetro se recogen en la tabla 5.

	DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES	ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS			ZONA DE RESTRICCIONES MAXIMAS			ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS		
		Prohibido	Prohib.	Cond.*	Permit.	Prohib.	Cond.*	Permit.		
ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	Uso de fertilizantes	•	•							
	Uso de herbicidas	•	•							
	Uso de pesticidas	•	•							
	Almacenamiento de estiércol	•	•							
	Vertido de restos de animales	•	•							
	Ganadería intensiva	•	•							
	Ganadería extensiva	•	•						•	
	Almacenamiento de materias fermentables para alimentación del ganado	•	•					•		
	Abrevaderos y refugios de ganado	•	•					•		
	Silos	•	•					•		
ACTIVIDADES URBANAS	Vertidos superficiales de aguas residuales urbanas sobre el terreno	•	•					•		
	Vertidos de aguas residuales urbanas en fosas sépticas, pozos negros o balsas	•	•				•			
	Vertidos de aguas residuales urbanas en cauces públicos	•	•				•			
	Vertido de residuos sólidos urbanos	•	•				•			
ACTIVIDADES INDUSTRIALES	Cementerios	•	•					•		
	Asentamientos industriales	•	•					•		
	Vertido de residuos líquidos industriales	•	•				•			
	Vertido de residuos sólidos industriales	•	•				•			
	Almacenamiento de hidrocarburos	•	•					•		
	Depósito de productos radiactivos	•	•				•			
	Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos	•	•				•			
	Conducciones de líquido industrial	•	•				•			
	Conducciones de hidrocarburos	•	•				•			
	Apertura y explotación de canteras	•	•					•		
OTRAS	Relleno de canteras o excavaciones	•	•					•		
	Campings	•	•					•		
	Acceso peatonal	•				•			•	
	Transporte redes de comunicación	•			•			•		

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

Tabla 5. Definición de las actividades dentro del perímetro de protección restringidas o condicionadas.

También, para todos los perímetros es fundamental el control de las actividades agrícolas, debiéndose prohibir el uso de fertilizantes, pesticidas, almacenamiento de estiércol, así como las ganaderías extensivas e intensivas en las zonas de restricciones absolutas y máximas, condicionándose en la zona de restricciones moderadas, siendo recomendable la realización de un estudio agronómico en el que evalúe la dotación de fertilizantes más adecuada para el tipo de cultivo.

Dentro del área de perímetro de protección de la cantidad, todos los sondeos que se perforen precisarán de un estudio hidrogeológico y, si se autoriza, de un adecuado informe final de obras con ensayo de bombeo y adecuación de los sondeos para su medida periódica de niveles piezométricos. Asimismo estarán equipado de contadores para determinar que caudal se extrae.

Madrid, octubre de 2010

Los autores del informe

Jose Antonio Domínguez Sánchez

Marc Martínez Parra

4. BIBLIOGRAFÍA

IGME (1983). Las Aguas subterráneas en España.

IGME (1991): Guía metodológica para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas.

Díaz Muñoz, J.A.; Martínez, M. (2010): Mejora del conocimiento en las masb Sierra de Altomira (041.001) y Rus-Valdelobos (041.005)

ANEXO I

Tablas utilizadas para calcular los índices del método de Rehse

Poder depurador del suelo en el recubrimiento (Suelo y zona no saturada):

M	Descripción del material	H (m)	$I_R = 1/H$
1	Humus, 5-10 % humus, 5-10% arcilla	1,2	0,8
2	Arcilla sin grietas de desecación, limo-arcilloso. Arena muy arcillosa	2	0,5
3	Limo arcilloso a limo	2,5	0,4
4	Limo, arena poco limosa, arena limosa	3-4,5	0,33-0,22
5	Arena fina a media	6	0,17
6	Arena media a gruesa	10	0,1
7	Arena gruesa	15	0,07
8	Grava con abundante matriz arenosa y limo arcilloso	8	0,13
9	Grava con abundante matriz arenosa y escasamente limosa	12	0,08
10	Grava fina a media, rica en arena	25	0,04
11	Grava media a gruesa con poca arena	35	0,03
12	Gravas, guijarros	50	0,02

M = Número de clasificación granulométrica
H = Espesor de la capa necesario para la depuración
 I_R = Índice de depuración en la zona no saturada
Arena: Diámetro de grano 2 – 0,063 mm

Limo: Diámetro de grano 0,063 – 0,005 mm
Arcilla: Diámetro de grano < 0,005 mm

Modificado de Rehse, 1977.

Poder depurador del suelo en la zona saturada:

M	Descripción del material	L (m)	$I_A = 1/L$
9	Grava con abundante matriz arenosa y escasamente limosa	a) 100	0,01
		b) 150	0,007
		c) 170	0,006
		d) 200	0,005
10	Grava fina a media, rica en arena	a) 150	0,007
		b) 200	0,005
		c) 220	0,0045
		d) 250	0,004
11	Grava media a gruesa con poca arena	a) 200	0,005
		b) 250	0,004
		c) 270	0,0037
		d) 300	0,0033
12	Gravas, guijarros	a) 300	0,0033
		b) 340	0,0029
		c) 360	0,0027
		d) 400	0,0025

L = Distancia horizontal necesaria para la depuración (m)
a) Velocidad eficaz < 3 m/día
b) Velocidad eficaz comprendida entre 3 y 20 m/día
c) Velocidad eficaz comprendida entre 20 y 50 m/día

d) Velocidad eficaz > 50 m/día
 I_A = Índice de depuración en el acuífero

Modificado de Rehse, 1977.

