

LAS AGUAS MINERALES ENVASADAS Y LA SOSTENIBILIDAD DE SUS ACUÍFEROS



**LAS AGUAS MINERALES
ENVASADAS Y LA
SOSTENIBILIDAD DE
SUS ACUÍFEROS**

Elaborado por:

Instituto Geológico y Minero
de España (IGME)

Autores:

María del Mar Corral Lledó
José Ángel Díaz Muñoz
María Elena Galindo Rodríguez
Carlos Ontiveros Beltranena

Con la colaboración de:

Asociación Nacional de Empresas de Aguas
de Bebida Envasadas (ANEABE)

Editado por:

Instituto Geológico y Minero
de España (IGME) y Asociación
Nacional de Empresas de Aguas
de Bebida Envasadas (ANEABE)

www.igme.es

www.aneabe.com

Año publicación: 2018

ISBN: 978-84-09-04613-3

Depósito legal: M-30634-2018

© Copyright:

Instituto Geológico y Minero
de España (IGME)

Asociación Nacional de Empresas
de Aguas de Bebida Envasadas (ANEABE)

CARTA DE BIENVENIDA

LA INVESTIGACIÓN, PROTECCIÓN Y GESTIÓN DE LAS AGUAS MINERALES COMO RECURSO GEOLÓGICO Y MINERO

El Instituto Geológico y Minero de España cumplirá pronto 170 años dedicados al estudio de la geología de nuestro país incluyendo, por supuesto, su gran riqueza minera, de la que las aguas minerales son un notable ejemplo.

En este ámbito, **ha transcurrido más de un siglo desde la promulgación del Real Decreto de 28 de junio de 1910 sobre iluminación de aguas subterráneas** por el Estado, en el que se encomendaba al Instituto, por primera vez, la participación en los expedientes administrativos relativos a los manantiales de aguas minero-medicinales. Es, por tanto, una parte integral del Organismo, la generación de conocimiento y la contribución a la protección y tutela de las aguas minerales.

El propio estatuto del IGME hoy en día incluye el objetivo de investigar y desarrollar nuevas técnicas para la evaluación de los recursos hidrogeotérmicos y para la definición de perímetros de protección de aguas minerales y termales. Actualmente, se mantiene su compromiso original de investigación, protección y gestión sostenible de los recursos hidrominerales, contribuyendo como servicio público a la transferencia del conocimiento generado a la sociedad.

Por todo ello, el IGME trabaja muy estrechamente con las distintas Administraciones, así como con otros agentes sociales comprometidos en la protección de las aguas mineromedicinales, entre los que se cuenta, como uno de los actores principales, ANEABE.

El documento que se presenta a continuación tiene como objetivo proporcionar a la sociedad una aproximación a las aguas minerales, combinando el rigor técnico y la finalidad divulgativa. En este año 2018, en el que nuestros amigos de ANEABE celebran su cuadragésimo aniversario, reiteramos nuestro **compromiso de investigación, protección y gestión sostenible del agua subterránea en su conjunto y de las aguas minerales en particular.**

Para ello, el IGME continuará buscando respuestas a los desafíos que se vayan planteando, sin olvidar que la propia Naturaleza nos brinda con su ejemplo muchas de las soluciones a nuestros problemas. No en vano, este mismo año se celebraba el Día Mundial del Agua, que ha cumplido ya un cuarto de siglo, con el lema "La Naturaleza al servicio del agua". En conclusión, entendemos que es necesario mantener un compromiso permanente para poner en valor este recurso fundamental para nuestra sociedad, y es nuestra ilusión poder seguir haciéndolo durante mucho tiempo. Espero que este documento, "Las aguas minerales envasadas y la sostenibilidad de sus acuíferos", sea de utilidad y disfrute para todos sus lectores.



D. Francisco González Lodeiro
Director del IGME

CARTA DE BIENVENIDA

COMPROMISO DEL SECTOR DE AGUAS MINERALES CON LA SOSTENIBILIDAD Y LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Las aguas minerales son un recurso minero y un producto alimentario muy especial, singular y sumamente exigente. Como recurso minero, dicha singularidad se puede apreciar por su condición de renovable y, como producto alimentario, por reunir una serie de cualidades diferenciales respecto al resto de las aguas de consumo humano.

Al tratarse de un producto alimentario sano y natural, las aguas minerales desde que comenzaron a envasarse en los balnearios para venderse en farmacias hasta la comercialización en nuestros días, han estado siempre vinculadas al mundo de la salud, contribuyendo al desarrollo de hábitos de vida saludable.

Cualidades de las aguas minerales como su origen subterráneo, su pureza original, su composición mineral constante, así como su carácter natural, es decir, la ausencia de tratamientos químicos, requieren para su mantenimiento una correcta gestión por parte de las empresas envasadoras.

Para llevar a cabo esta correcta gestión, que implica en sí misma la protección de la Naturaleza con el aseguramiento de la sostenibilidad del acuífero, de su equilibrio natural en calidad y cantidad, cada una de las empresas de agua mineral dispone de un "perímetro de protección" y de un "caudal óptimo de aprovechamiento" que les son concedidos por las autoridades mineras en el momento en el que se les autoriza a envasar el agua.

Con este perímetro de protección, el sector de aguas minerales se responsabiliza también de la protección de los espacios naturales que rodean los acuíferos, asegurando su conservación y preservando la pureza del agua mineral.

Además, con la firme voluntad de seguir contribuyendo a la protección del Medio Ambiente, el sector se ha marcado voluntariamente unos objetivos mensurables dentro del "**Compromiso de Sostenibilidad Ambiental y Circularidad**", que van más allá de las obligaciones establecidas por la exigente legislación medioambiental y que ponen de manifiesto su afán por una mejora constante.

Asimismo, con este nuevo compromiso se da continuidad a aquellos logros medioambientales alcanzados conjuntamente por el Sector de Aguas Minerales en 2015 con el cumplimiento del compromiso voluntario "2015 Naturalmente" firmado con el entonces Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Con esta perspectiva de mejora continua, ANEABE se esfuerza por poner a disposición de sus empresas asociadas herramientas que les ayuden en su labor de protección del Medio Ambiente y contribuyan al mismo tiempo a una mayor cultura de las aguas minerales. Ejemplo de ello, fue la publicación de la "**Guía de Autocontrol de calidad en las captaciones para agua de bebida envasada**".

En este sentido y en el contexto del **Convenio Marco de Colaboración con el Instituto Geológico y Minero de España (IGME)**, firmado en 2014, tengo el placer de presentar "Las Aguas Minerales Envasadas y la sostenibilidad de sus acuíferos", una guía de referencia sobre la singularidad de las aguas minerales y la importancia del cuidado y protección de los acuíferos.

Por último, quiero agradecer el espíritu de colaboración y el fuerte compromiso que ANEABE siempre ha encontrado en el IGME y su entusiasmo y esfuerzo para la elaboración del presente documento.



D. Francisco Vallejo Fernández
Presidente de ANEABE
y Vicepresidente EFBW



INDICE

1

INTRODUCCIÓN

1.1

¿QUÉ SON LAS AGUAS MINERALES?

1.2

PASADO Y PRESENTE DE LAS AGUAS MINERALES ENVASADAS

1.3

¿QUÉ DIFERENCIA A LAS AGUAS MINERALES DEL RESTO DE AGUAS DE BEBIDA?

2

EL CICLO DEL AGUA

2.1

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL PLANETA

3

ACUÍFEROS Y CAPTACIONES

3.1

TIPOS DE ACUÍFEROS SEGÚN SU CAPACIDAD PARA ALMACENAR Y TRANSMITIR AGUA

3.2

TIPOS DE ACUÍFEROS EN FUNCIÓN DE SU COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO

3.3

TIPOS DE ACUÍFEROS SEGÚN SU TEXTURA

3.4

TIPOS DE CAPTACIONES

BALANCE HÍDRICO

4.1

EL BALANCE HÍDRICO EN ESPAÑA

4.2

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL SUELO

4.3

RECARGA DE ACUÍFEROS

4.4

USOS DEL AGUA

4

PROTECCIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HIDROMINERAL

5.1

PROTECCIÓN NATURAL

5.2

PERÍMETROS DE PROTECCIÓN Y ZONIFICACIÓN

5.3

EJECUCIÓN Y EXPLOTACIÓN ADECUADA DE LA CAPTACIÓN DE AGUA MINERAL

5.4

UBICACIÓN DE LAS PLANTAS DE ENVASADO

5.5

OTRAS FIGURAS DE PROTECCIÓN QUE CONTRIBUYEN A LA SALVAGUARDA DE LAS AGUAS MINERALES

5

6

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS

6.1

BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE EN LA INDUSTRIA DE AGUA ENVASADA

6.2

AGUÍFERO: CAPTACIÓN Y SU ENTORNO

6.3

CONTROLES DE LAS AGUAS MINERALES

6.4

TRAZABILIDAD

6.5

RELACIÓN DE LA PLANTA DE ENVASADO CON EL MEDIO AMBIENTE

RELACIONES IGME – ANEABE

8

CONCLUSIONES

9

7

EL IGME Y LAS AGUAS MINERALES DE BEBIDA ENVASADAS

7.1

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS DE LAS AGUAS MINERALES

7.2

DECLARACIÓN DE AGUA MINERAL NATURAL O DE MANANTIAL

7.3

AUTORIZACIÓN O CONCESIÓN DE APROVECHAMIENTO

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

1

Las aguas minerales envasadas forman parte de nuestra vida cotidiana, encontrándose en todo tipo de centros comerciales y establecimientos. Desde su aparición en el mercado se han convertido en un producto alimenticio más a nuestra disposición. Sin embargo, esta ubicuidad de las aguas minerales envasadas no evita que a menudo haya un cierto desconocimiento sobre las mismas, sobre lo que son, su génesis, su relación con el medio ambiente y demás aspectos relacionados.

El objetivo de la presente guía es proporcionar información acerca del sector de las aguas minerales envasadas y la sostenibilidad de sus acuíferos, haciendo un breve recorrido por su historia, su origen, su papel en la economía, su valor en la dieta y otros aspectos a menudo poco conocidos por los consumidores, pero esenciales para valorar en su justa medida este recurso.

1.1

¿QUÉ SON LAS AGUAS MINERALES?

En la literatura científica se pueden encontrar diversas definiciones de agua mineral, todas ellas coincidentes en su origen y características fundamentales, que les proporcionan una clara diferenciación con el resto de aguas subterráneas.

Se entiende como aguas minerales a aquellas aguas subterráneas generalmente de circulación profunda y con un largo tiempo de residencia en el acuífero, desde décadas a decenas de miles de años, antes de salir al exterior, ya sea de modo natural a través de manantiales, o artificial (pozos, sondeos, etc.). Ese largo tiempo de permanencia en el terreno da lugar a procesos físico-químicos de interacción con la roca, adquiriendo una determinada composición físico-química en función de las formaciones geológicas que hayan ido atravesando, y que les confieren, a través de su viaje por el subsuelo, una concentración de minerales característica y a veces una elevada temperatura.

En España se comercializan dos tipos de agua mineral envasada como producto alimenticio: el **"agua mineral natural"** y el **"agua de manantial"**, que cuentan con su legislación propia y específica, el "Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano" y que las define de forma precisa.



AGUA MINERAL NATURAL. FUENTE: ANEABE

De acuerdo a dicho Real Decreto **las aguas minerales naturales** son: "aquellas microbiológicamente sanas que tengan su origen en un estrato o yacimiento subterráneo y que broten de un manantial o puedan ser captadas artificialmente mediante sondeo, pozo, zanja o galería, o bien, la combinación de cualquiera de ellos. Estas pueden distinguirse claramente de las restantes aguas de bebida ordinarias: 1.º por su naturaleza, caracterizada por su contenido en minerales, oligoelementos y otros componentes y, en ocasiones, por determinados efectos, 2.º por su constancia química y 3.º por su pureza original, características estas que se han mantenido intactas, dado el origen subterráneo del agua que la ha protegido de forma natural de todo riesgo de contaminación".

A su vez **las aguas de manantial** son: "las de origen subterráneo que emergen espontáneamente en la superficie de la tierra o se captan mediante labores practicadas al efecto, con las características naturales de pureza que permiten su consumo; características que se conservan intactas, dado el origen subterráneo del agua, mediante la protección natural del acuífero contra cualquier riesgo de contaminación".

La principal diferencia entre el agua mineral natural y el agua de manantial es que la primera debe mantener constante su composición físico-química, mientras que la segunda no lo requiere.

Al margen de las aguas minerales envasadas como producto alimenticio también existen las aguas minero-medicinales envasadas. Si bien estas últimas tienen un uso totalmente distinto, ya que tienen la consideración de medicamento y su venta se realiza en farmacias, debido a que su ingesta debe efectuarse bajo prescripción médica.

Desde mediados del siglo XX, con motivo de la incorporación de España a la Unión Europea, las aguas minero-medicinales que se comercializaron como producto alimenticio debían tramitar el cambio de denominación a agua mineral natural.

Otro tipo de agua envasada serían las aguas preparadas, que no son aguas minerales y en consecuencia se rigen por su propia legislación. Esta agua puede tener cualquier tipo de procedencia y se somete a los tratamientos físicoquímicos autorizados necesarios para que reúna las características de potabilidad establecidas en la legislación aplicable.

1.2 PASADO Y PRESENTE DE LAS AGUAS MINERALES ENVASADAS

Las aguas minerales han sido y siguen siendo utilizadas por la humanidad desde hace miles de años. Su uso, mediante la aplicación y/o la ingesta de las aguas que brotan de ciertos manantiales, se atribuye a la idoneidad de las mismas para aliviar determinadas dolencias de tipo respiratorio, cutáneas, etc. Estas aguas, denominadas también minero-medicinales, constituyen el preámbulo de lo que hoy se conoce como hidrología médica y forman parte de la cultura occidental que propició la construcción de numerosos balnearios durante la dominación romana de la Península Ibérica, muchos de los cuales se conservan en la actualidad.

En los siglos posteriores, la utilización de las aguas minero-medicinales sufrirá diversos altibajos. De hecho, durante la Edad Media se produjo un importante retroceso que se prolongará hasta El Renacimiento, momento en el que comienzan de nuevo a resurgir. No será hasta finales del siglo XIX y el primer tercio del siglo XX cuando se produce un auge de las aguas minerales, que se ha venido a denominar como la primera edad de oro de las aguas minero-medicinales. En esta época se generaliza el envasado de las aguas, si bien en pequeñas cantidades, dado el carácter medicinal y no alimenticio de las mismas.

El uso de las aguas minerales como producto alimenticio es mucho más actual, generalizándose en occidente durante el último tercio del siglo XX.



CAÑO DE LAS BURGAS DE OURENSE. HACE MÁS DE 2000 AÑOS SU PODER CURATIVO SE CONSIDERABA VINCULADO A LA DEIDAD ACUÁTICA "REVVE ANABARAEGO". FUENTE: IGME

En la década de los 80, la legislación española contempla de modo específico a las aguas minerales envasadas. La primera reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio del agua de bebida envasada data de 1981.

Desde su aparición en el mercado español, el crecimiento del consumo de estas aguas ha sido constante, produciéndose su estabilización en los últimos años. Recientemente, se observa una ligera tendencia positiva asociada a una cierta mejora de la situación económica nacional y/o al incremento del comercio exterior (Figura 1).

En el año 2016 se alcanza un valor máximo de la serie histórica de más de 7.400 millones de litros, lo que supone alrededor de 160 litros por habitante y año. Si bien esta cifra puede parecer bastante elevada a primera vista, es importante destacar que este volumen de agua, según los estudios realizados por el IGME, apenas supone un 0,03% del total de los recursos hídricos subterráneos disponibles.

En España, a diferencia de lo que sucede en otros países, el consumo de agua mineral, y en particular de agua mineral natural, es muy superior al del agua envasada no mineral (agua preparada); dada la preferencia del consumidor por un agua pura en origen, frente a aquella que para poder obtener la calificación de potable para consumo humano ha sido sometida a distintos tratamientos.

Las plantas de envasado de agua mineral generan en la actualidad más de 3.700 puestos de trabajo directos y decenas de miles de trabajos indirectos. La mayor parte de los mismos se desarrollan en un entorno rural, en zonas con elevado riesgo de despoblamiento, donde la mera presencia de una planta de envasado puede llegar a suponer la estabilidad y supervivencia de un pueblo como tal. De hecho, una quinta parte de las plantas de envasado de aguas minerales se encuentran ubicadas en términos municipales con menos de 500 habitantes.

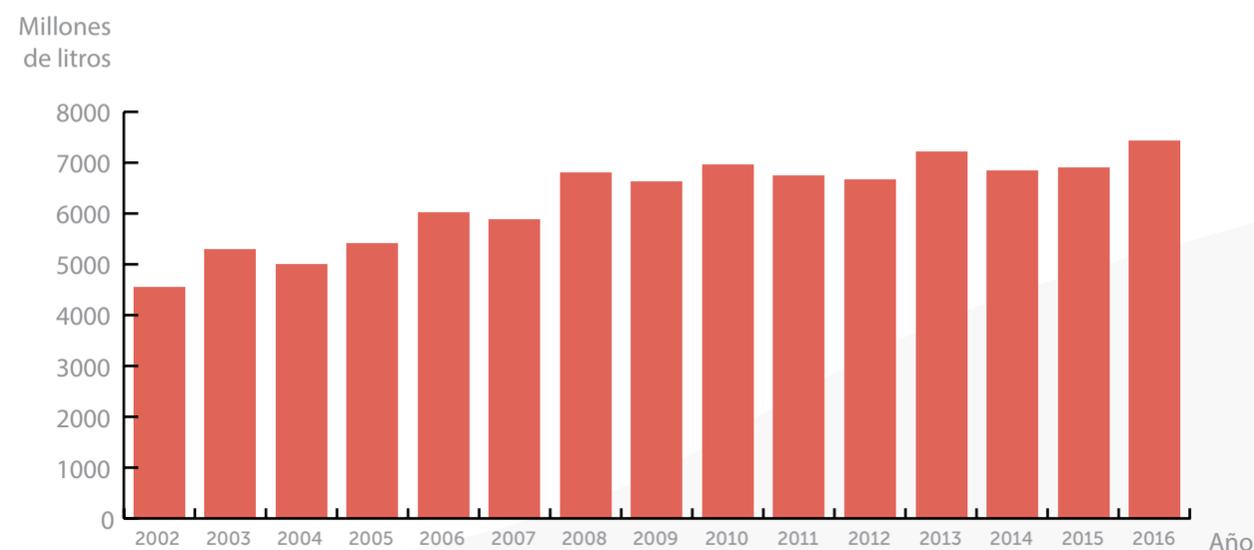


FIGURA 1: PRODUCCIÓN DE AGUA MINERAL DE BEBIDA ENVASADA EN MILLONES DE LITROS. FUENTE: IGME

Actualmente, se comercializan un total de 144 marcas diferentes de producción nacional, cuya distribución por comunidades autónomas es bastante desigual (Tabla 1).

Comunidad Autónoma	Aguas Minerales Envasadas en 2016
Andalucía	14
Aragón	12
Asturias	4
Islas Baleares	5
Canarias	14
Cantabria	1
Castilla-La Mancha	13
Castilla y León	16
Cataluña	29
Comunidad Valenciana	12
Extremadura	3
Galicia	12
Comunidad de Madrid	0
Región de Murcia	3
Navarra	2
País Vasco	2
La Rioja	2
TOTAL	144

TABLA 1: DISTRIBUCIÓN DE LAS AGUAS MINERALES ENVASADAS EN ESPAÑA. FUENTE: IGME

La producción de agua presenta una distribución similar al número de marcas de aguas minerales envasadas, en general y tal como cabría esperar, las comunidades autónomas con mayor número de aguas minerales envasadas son también las que envasan un mayor volumen de agua (Figura 2).

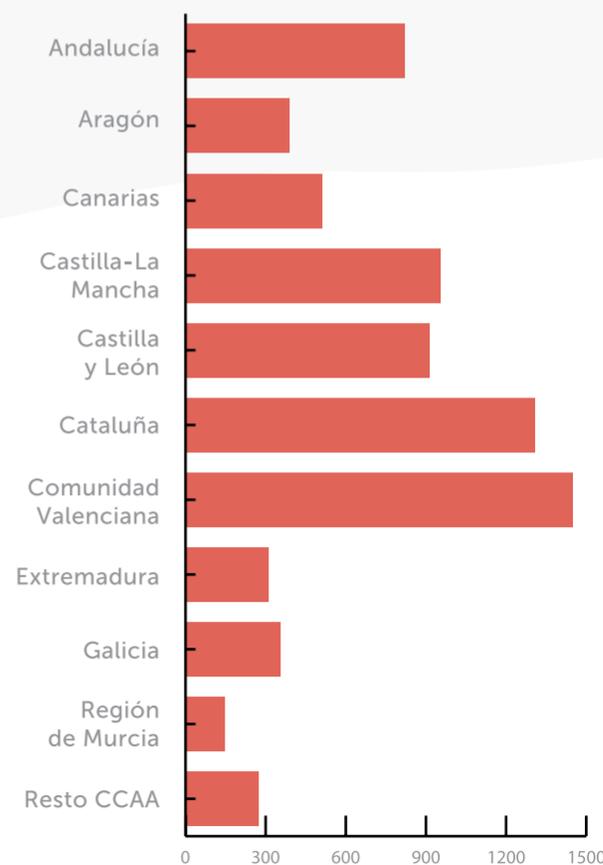


FIGURA 2: PRODUCCIÓN DE AGUA MINERAL ENVASADA POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS EN MILLONES DE LITROS. (2016). FUENTE: IGME

1.3 ¿QUÉ DIFERENCIA A LAS AGUAS MINERALES DEL RESTO DE AGUAS DE BEBIDA?

El agua mineral y la de abastecimiento público son productos complementarios e irremplazables, que presentan claras diferencias.

Uno de los principales elementos diferenciadores entre las aguas minerales y el resto radica en que las primeras, además de ser siempre de origen subterráneo, son puras en origen por lo que no necesitan ningún tipo de tratamiento químico o microbiológico para su consumo, llegando al consumidor con las mismas propiedades saludables que les confiere la naturaleza. Precisamente es esta característica de exclusividad, lo que dio lugar a que se promulgara una legislación específica y distinta de la relativa a las aguas de consumo público.

El propio concepto de agua mineral lleva implícito que el agua que se sirve en nuestro vaso es la misma que alberga el acuífero del cual procede. Por el contrario, el resto de agua de bebida, en especial el agua del grifo, se somete a tratamientos que alteran su composición físico-química y bacteriológica con el fin de que sean potables. El ejemplo más obvio y conocido es la técnica de cloración a la que son sometidas estas aguas con el fin de eliminar los microorganismos existentes, la cual está prohibida en el caso del agua mineral.

La ausencia de tratamientos en las aguas minerales se debe a que ya son potables y de alta calidad en el propio acuífero, y es su protección natural lo que les confiere otra ventaja respecto a las demás aguas de bebida.

El agua mineral se capta generalmente en acuíferos profundos que la aíslan del exterior, protegiéndolas de cualquier contaminación superficial, tanto en origen como durante todo el proceso de envasado, ya que se conducen directamente desde la captación, sin que el agua entre en ningún momento en contacto con el exterior.

Las aguas minerales naturales presentan un distintivo añadido que es la constancia química, permitiendo al consumidor con tan solo mirar la etiqueta de la botella, conocer la concentración de minerales en su composición y adecuar la dieta a sus necesidades con una total garantía.

En definitiva, puede afirmarse que cada agua mineral es única y tiene una composición característica, que adquiere en función del acuífero que la alberga y protege.

EL CICLO DEL AGUA

2

El agua dulce es un recurso natural, renovable e indispensable para la vida. Esta se repone a través del ciclo del agua, proceso por el cual el agua de los mares, lagos, ríos, etc. se evapora, forma nubes y retorna de nuevo a la superficie a través de la precipitación.

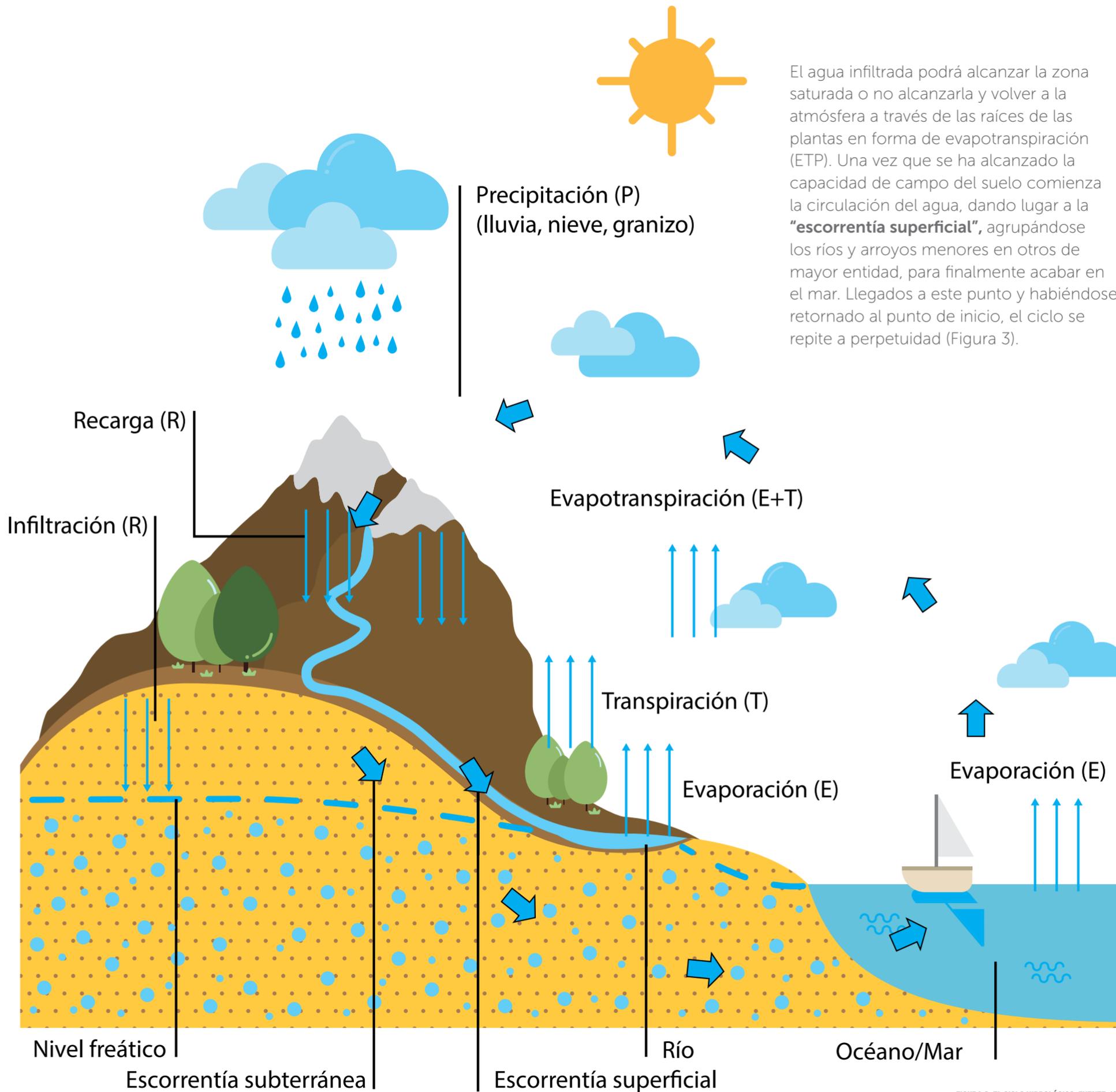
El ciclo del agua o ciclo hidrológico representa el movimiento cíclico de dicho elemento, que se viene produciendo de forma continuada desde el origen de la Tierra hasta la actualidad. Este movimiento está condicionado básicamente por dos fuentes de energía: la del Sol, necesaria para elevar el agua del suelo en forma de vapor; y la aportada por la fuerza de la gravedad, que propicia que el agua precipite y discurra hacia zonas topográficamente más bajas al alcanzar la superficie terrestre. Este modelo conceptual, pese a su sencillez, no fue entendido en Europa hasta finales del siglo XVII.

Aunque no se puede hablar con rigor de un comienzo o fin determinado del ciclo del agua, pueden establecerse como lugar de origen los mares y océanos, donde el agua existente se incorpora a la atmósfera mediante el cambio de estado ocurrido en el proceso de **evaporación**. Debido a las diferencias de presión existentes en la atmósfera y como consecuencia de las corrientes de aire generadas, comienza un movimiento desde los mares hacia los continentes.

En general, es en ese tránsito hacia zonas continentales donde se produce la **condensación y precipitación** del vapor del agua en cualquiera de sus modalidades, lluvia, nieve, granizo, etc.

En el tránsito de una gota de agua desde la atmósfera a la superficie terrestre, puede ocurrir que se evapore de nuevo una fracción del agua sin que llegue a la superficie del terreno, o puede llegar a la misma y quedar atrapada en la cobertura vegetal para posteriormente evaporarse, lo que se conoce como **"intercepción"**. Algo similar puede producirse en las superficies correspondientes a núcleos urbanos, donde existe un alto porcentaje de superficie impermeabilizada.

Cuando el agua alcanza la superficie terrestre comienza su acumulación en pequeñas depresiones, donde se inicia la **infiltración**, en mayor o menor porcentaje según el déficit hídrico existente en el suelo en ese momento.



El agua infiltrada podrá alcanzar la zona saturada o no alcanzarla y volver a la atmósfera a través de las raíces de las plantas en forma de evapotranspiración (ETP). Una vez que se ha alcanzado la capacidad de campo del suelo comienza la circulación del agua, dando lugar a la **"escorrentía superficial"**, agrupándose los ríos y arroyos menores en otros de mayor entidad, para finalmente acabar en el mar. Llegados a este punto y habiéndose retornado al punto de inicio, el ciclo se repite a perpetuidad (Figura 3).

FIGURA 3: EL CICLO HIDROLÓGICO. FUENTE: IGME

No es posible determinar el tiempo que precisa una gota de agua en completar el ciclo hídrico ya que se presta a numerosas variables y al hecho de que no siempre se completa el ciclo hídrico en su totalidad, sino que pueden realizarse ciclos parciales dentro del ciclo completo.

A pesar de esto, sí que existen métodos indirectos para tener una idea aproximada del tiempo que de media pasan las moléculas del agua en un determinado ambiente (atmósfera, océanos, acuíferos, etc.) a lo largo del ciclo hidrológico.

Con el uso de las técnicas isotópicas es posible determinar el tiempo de residencia del agua en los acuíferos, existiendo un amplio rango, que puede oscilar entre varios días hasta miles de años. En el campo de las aguas minerales dichos tiempos de residencia suelen ser elevados, condicionando en gran medida la mineralización de las aguas, así como su temperatura.

2.1 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL PLANETA

La masa total de agua existente en la Tierra corresponde fundamentalmente a mares y océanos, es decir, el 97,5% es agua salada. El 2,5% restante corresponde a agua dulce, el cual se encuentra en gran parte en estado de hielo en forma de glaciares y casquetes polares (69,35%), bajo la superficie terrestre como aguas subterráneas (30,35%) y como aguas superficiales (0,30%), principalmente en lagos y en la atmósfera (Figura 4).

	Volumen (hm ³ * 10 ⁶)	% del agua total del planeta	% respecto del total de agua dulce	Tiempo medio de residencia
Océanos y mares	1.338.000	97,5	-	2.500 años
Glaciares y casquetes polares	24.064	1,74	69,35	9.700 años
Aguas subterráneas dulces	10.530	0,76	30,35	Decenas de miles de años
Lagos de agua dulce	91	0,007	0,262	17 años
Lagos de agua salada	85,4	0,006	-	150 años
Ríos	2,12	0,0002	0,006	15-20 días
Biomasa	1,12	0,0001	-	Algunas horas
Atmósfera	12,9	0,001	0,037	8-10 días

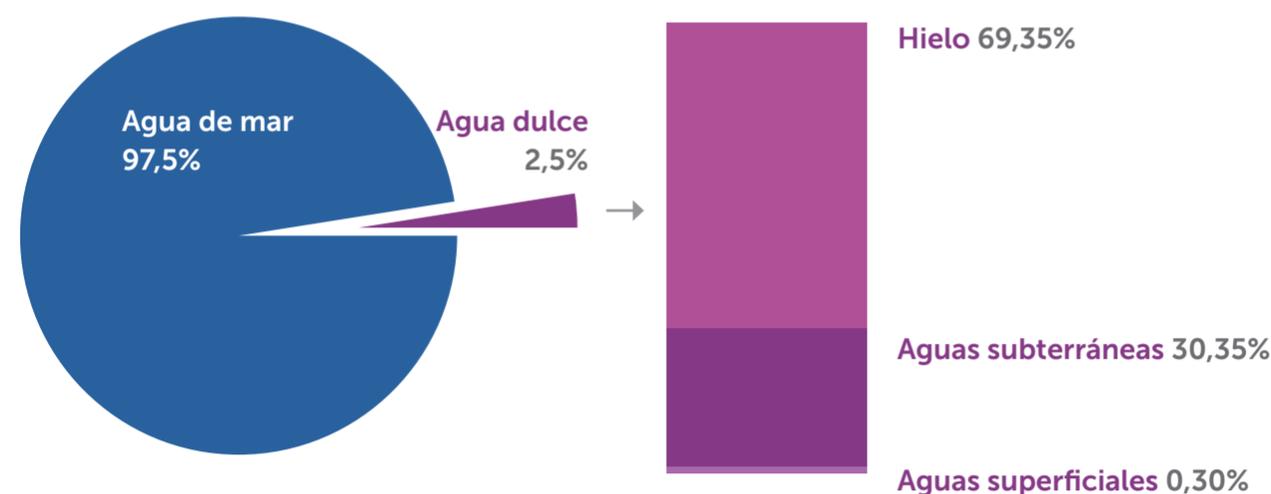


FIGURA 4: DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA HIDROSFERA. FUENTE: IGME MODIFICADO DE SHIKLOMANOV, 1997

El agua subterránea representa la mayor fuente de agua dulce potencialmente utilizable por la sociedad. Sin embargo, el 80% del agua consumida corresponde a aguas superficiales. Las aguas subterráneas presentan características que las hacen muy interesantes para su uso, como la disponibilidad de un mayor volumen, ser un recurso estratégico disponible en

lugares donde no es viable garantizar el abastecimiento con aguas superficiales, gozar de mayor protección natural frente a la contaminación y tener una menor presencia de microorganismos patógenos; todo ello supone, en términos generales, una mejor calidad del recurso subterráneo.

ACUÍFEROS Y CAPTACIONES

3

Un acuífero es una estructura bajo la superficie del terreno, correspondiente a un estrato o formación geológica más o menos permeable y que puede albergar y transmitir agua al permitir su desplazamiento a través de sus poros o grietas.

Los acuíferos constituyen la mayor fuente de abastecimiento de agua potable a la población mundial, considerándose un recurso de muy alto valor, especialmente en regiones áridas. Estas estructuras son el reservorio para la industria de aguas minerales envasadas.

Los distintos tipos de acuíferos vienen definidos por el comportamiento del agua en el seno del material que lo alberga, estrechamente vinculado a las características hidrogeológicas de los materiales, su textura y su capacidad para almacenar y transmitir agua.

3.1 TIPOS DE ACUÍFEROS SEGÚN SU CAPACIDAD PARA ALMACENAR Y TRANSMITIR AGUA

Las características geológicas de un terreno, -porosidad, permeabilidad, espesor-, determinan el comportamiento del agua en el mismo, lo que permite establecer su clasificación. Así se pueden definir:

ACUÍFERO

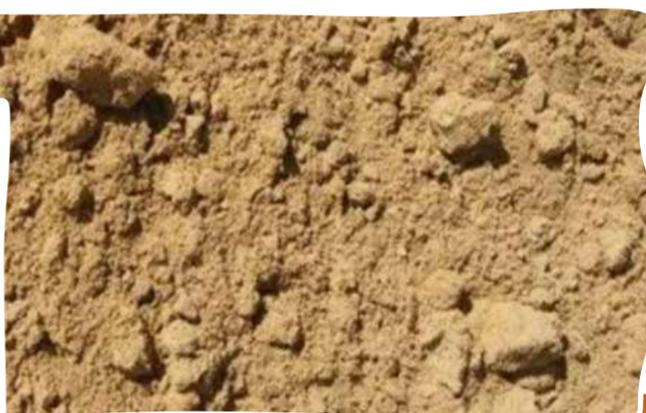
(Del latín aqua, agua y fero, llevar). Formación geológica que almacena agua y que puede trasmitirla. Un ejemplo de materiales con este comportamiento son **formaciones arenosas, gravas y rocas cristalinas fracturadas**, que suelen presentar una **elevada porosidad y permeabilidad**.



FUENTE: IGME

ACUITARDO

(Del latín tardare, retardar). Corresponde a formaciones geológicas de materiales **semipermeables** que son capaces de almacenar cantidades notables de agua debido a la **alta porosidad**, pero dada su **baja permeabilidad** posibilitan un tránsito muy lento de ella. Esta lenta transferencia puede ser continuada en el tiempo hacia formaciones infrayacentes, en forma de recarga diferida, lo cual es interesante de conocer y explotar. Ejemplos clásicos de este tipo de materiales son **los limos, arcillas limo arenosas y areniscas**.



FUENTE: IGME

ACUICLUDO

(Del latín claudere, encerrar). Constituido por materiales de muy **baja permeabilidad** aun cuando **la porosidad existente pueda ser muy elevada**. Debido a ello, estos materiales pueden contener agua pero sin posibilidad de trasmitirla, ya que la baja permeabilidad imposibilita su tránsito. Ejemplos clásicos de ellos son las **arcillas**.



FUENTE: IGME

3.2 TIPOS DE ACUÍFEROS EN FUNCIÓN DE SU COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO

Los acuíferos pueden clasificarse en base a la existencia o no de una capa impermeable que los aisle de la superficie. De acuerdo a esto pueden definirse tres tipos:

ACUÍFEROS LIBRES, NO CONFINADOS O FREÁTICOS

Son aquellos donde **la superficie libre del agua, o nivel freático, se encuentra a presión atmosférica** y por lo tanto constituye un plano real de referencia del agua. La medida de la profundidad del agua, en los pozos y sondeos existentes, representa la posición exacta del agua en ese punto.

La zona situada bajo dicho plano de referencia se conoce como **zona saturada**, y la existente entre este y la superficie topográfica se denomina **zona no saturada**.

Aunque el término **"nivel freático"** siempre se asocia a un plano, realmente no es una superficie plana, sino que corresponde a una pequeña interfaz, que puede oscilar en función de las características de los materiales entre milímetros y centímetros, denominada como **zona capilar o vadosa**, la cual se origina como consecuencia del ascenso capilar.

La profundidad del nivel freático fluctúa en el tiempo debido a **posibles bombeos, oscilaciones climáticas, interestacionales o a lo largo de los años** (Figura 5).

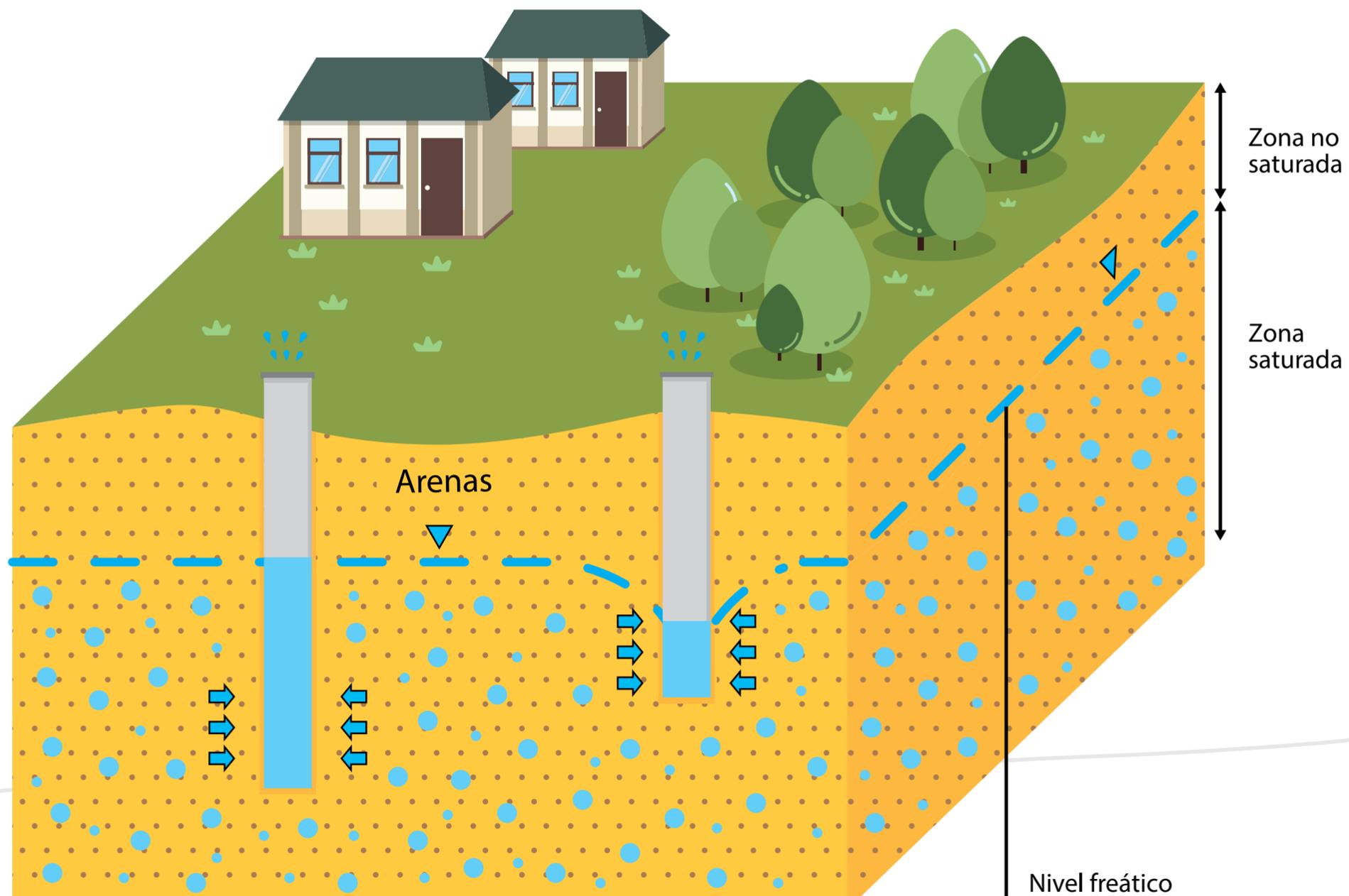


FIGURA 5: ACUÍFERO LIBRE. FUENTE: IGME

ACUÍFEROS CONFINADOS O CAUTIVOS

Son los constituidos por la **superposición de diferentes materiales con un comportamiento hidrodinámico distinto.**

La formación permeable o acuífero está limitada "a techo" por un paquete de materiales con un comportamiento impermeable.

El nivel piezométrico (nivel virtual del agua) se sitúa por encima del borde superior de la formación acuífera, dentro de lo que correspondería a la formación impermeable o por encima de ella, debido a que el área de recarga se encuentra en una zona más alejada y con un potencial hidráulico mayor. Esto determina que algunos pozos o sondeos sean surgentes, en respuesta al potencial hidráulico en ese punto (Figura 6).

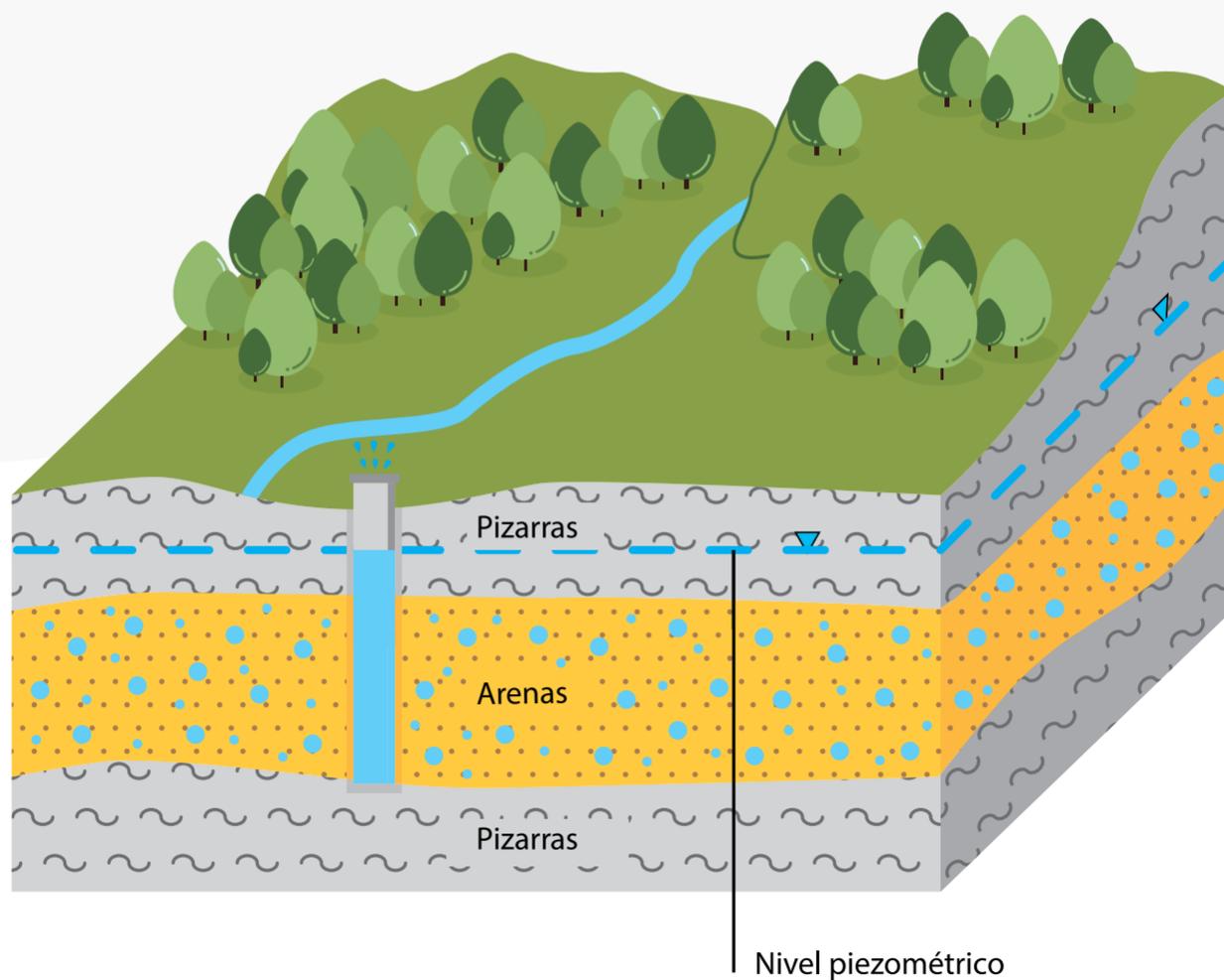


FIGURA 6: ACUÍFERO CONFINADO O CAUTIVO. FUENTE: IGME

ACUÍFEROS SEMICONFINADOS O SEMICAUTIVOS

Son aquellos que **presentan una alternancia de capas cuyo comportamiento hidráulico es distinto.** Una capa se comporta como **formación acuífera** y la situada a "techo" con un **comportamiento semiconfinante o acuitardo.** Se permite un flujo lento de agua hacia las formaciones inferiores, conocido como **"goteo"**, como consecuencia de la diferencia de potencial hidráulico entre ambas (Figura 7).

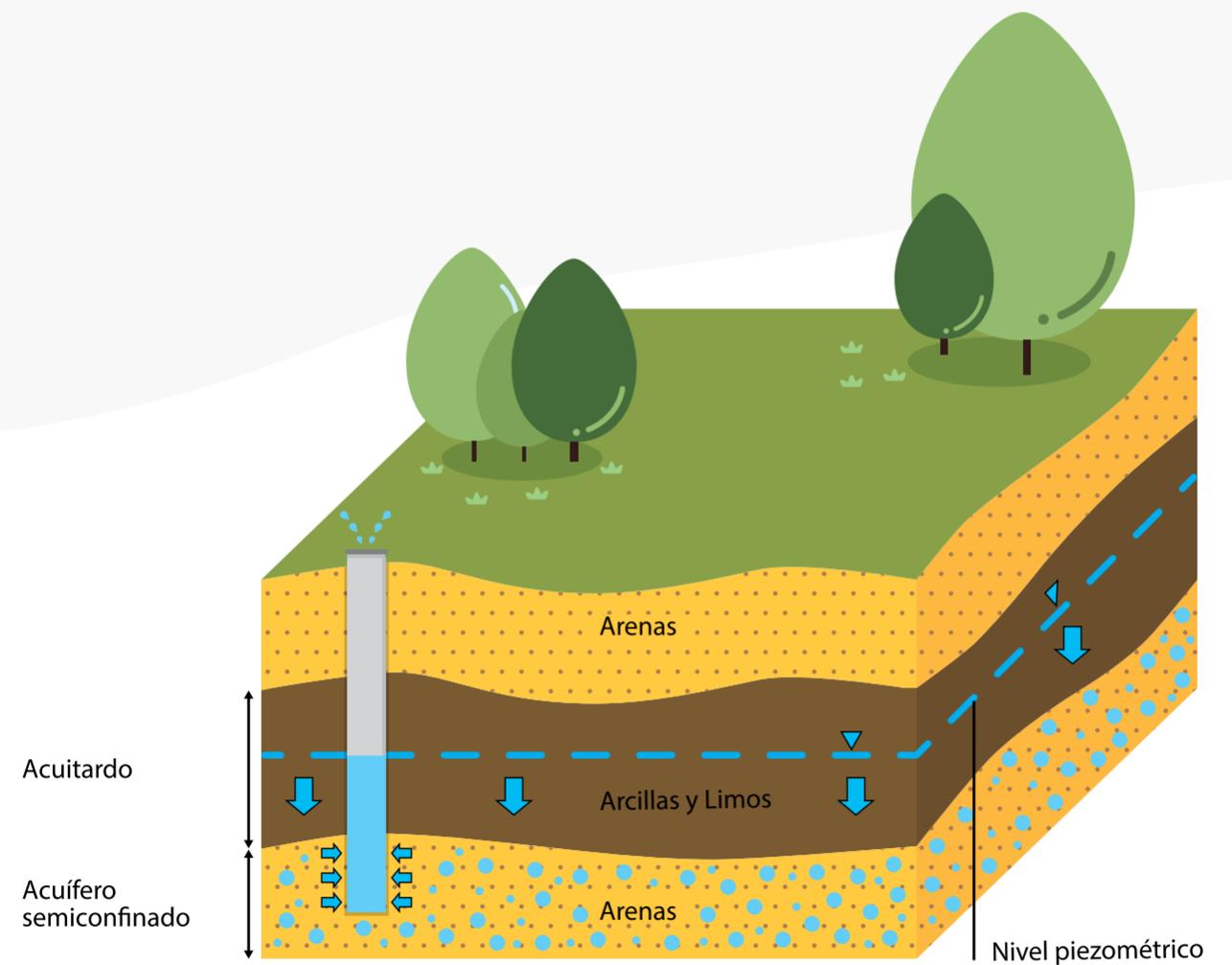


FIGURA 7: ACUÍFERO SEMICONFINADO O SEMICAUTIVO. FUENTE: IGME

3.3 TIPOS DE ACUÍFEROS SEGÚN SU TEXTURA

La principal propiedad en la que se basa la clasificación de los acuíferos según su textura es **la porosidad, que viene expresada por la relación entre el volumen de su parte vacía u ocupada por aire y/o agua y su volumen total** (Custodio y Llamas, 1976). La porosidad entre los granos se denomina **porosidad intergranular o primaria** pudiendo existir otra **porosidad secundaria**, originada por fisuración y/o disolución en el caso de que estos estén cementados.

Atendiendo al tipo de materiales se establecen los siguientes tipos:

ACUÍFEROS DETRÍTICOS O SEDIMENTARIOS

Formados fundamentalmente por **arenas, gravas, limos, conglomerados**; se generan por diferentes procesos genéticos (fluviales, eólicos, etc.). Su permeabilidad dependerá del porcentaje de uno u otro material y del contenido en finos existente como consecuencia del proceso genético.

Los materiales más frecuentes suelen corresponder con depósitos fluviales de la era terciaria, que pueden encontrarse sueltos o poco consolidados, lo que les confieren generalmente **altas permeabilidades**.

Como ejemplos en la geografía española, cabe citar los acuíferos asociados a los aluviales de los ríos Tajo, Duero, Guadiana, Guadalquivir, Ebro y resto de ríos menores; así como las planas existentes en Castellón o Valencia.

ACUÍFEROS EN FORMACIONES ROCOSAS

Corresponden a materiales consolidados tipo **calizas, dolomías, areniscas, granitos**, etc. En ellos se genera una **porosidad secundaria**, por disolución y/o fisuración. A su vez se pueden dividir en:

ACUÍFEROS FISURADOS

La porosidad se origina por **fracturación** (fallas o diaclasas). Los materiales sobre los que se desarrollan son **rocas ígneas o metamórficas**, cuyos máximos representantes son los **granitos y pizarras** correspondientes al Macizo Hercínico y que geográficamente se localizan en el noroeste peninsular, desde Galicia hasta el Guadalquivir.

ACUÍFEROS KÁRSTICOS

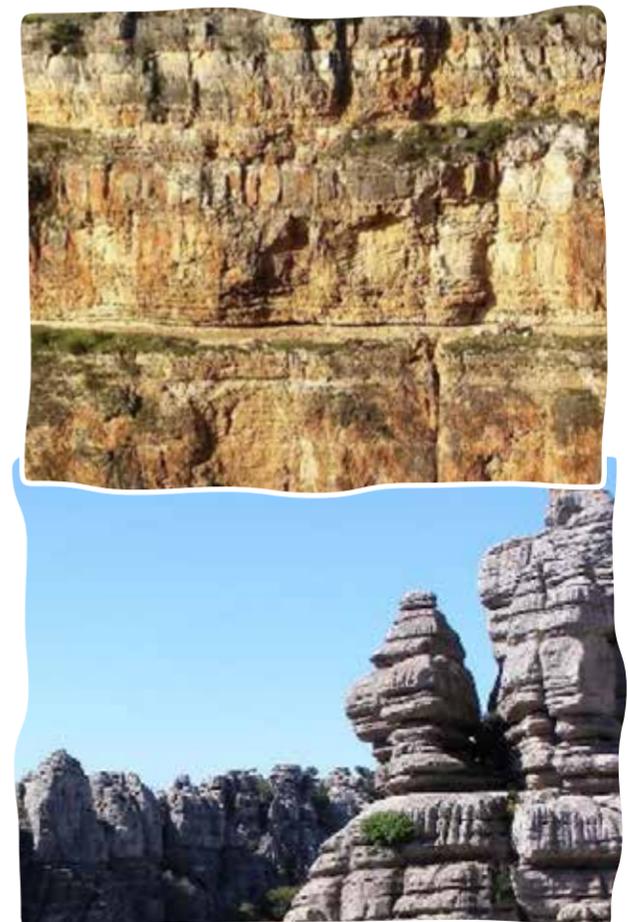
La porosidad es consecuencia de los procesos de **disolución**, determinando **altos valores de permeabilidad**. Los materiales sobre los que se desarrollan suelen ser **materiales carbonatados (calizas, dolomías y margas)**. Existe una amplia representación de estos acuíferos en el sector oriental y meridional de la península, como los carbonatos mesozoicos de la Cordillera Ibérica, Cordillera Subbética, Sierra de Alcaraz, Campo de Montiel e Islas Baleares.



FUENTE: IGME



FUENTE: IGME



FUENTE: IGME

3.4 TIPOS DE CAPTACIONES

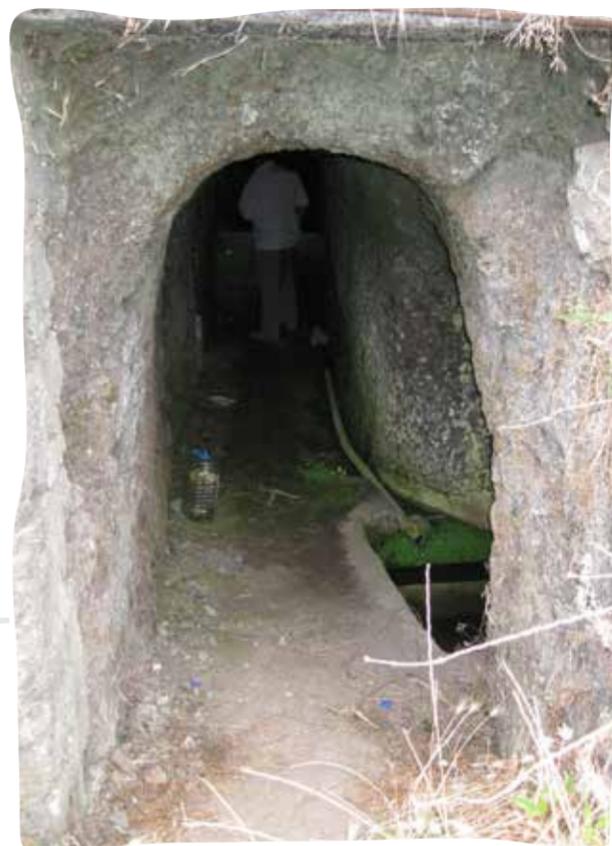
Las aguas minerales pueden surgir naturalmente del terreno o bien ser captadas de forma artificial. Los sistemas de captación más habituales son:



FUENTE: IGME

ZANJAS Y DRENES

Son **excavaciones lineales** que llegan al nivel saturado. El agua puede ser evacuada **por gravedad**, si el terreno tiene suficiente pendiente puede realizarse **por bombeo** desde la propia zanja o en un pozo colector. Se utilizan principalmente en acuíferos superficiales, no siendo habitual en la explotación de aguas minerales.



FUENTE: IGME

GALERÍAS DE AGUA

Su origen es muy antiguo, puesto que ya existían en Mesopotamia en el siglo IV a. C. Consiste en un **túnel o excavación horizontal** de tamaño variable, de centenas de metros a varios kilómetros de longitud y con una altura suficiente para que transite una persona. Se construyen a media ladera buscando interceptar el nivel freático y con una ligera pendiente para que el agua salga al exterior **por gravedad**. Se excavan por métodos tradicionales como pico y pala y en ocasiones con la ayuda de explosivos. Este tipo de captación es la más frecuentemente utilizada para la explotación de las aguas minerales en las Islas Canarias.



FUENTE: IGME

POZOS

Es el tipo de captación más tradicional y elemental empleada en acuíferos superficiales. Consiste en una **excavación vertical** de poca profundidad, de diámetro variable que suele oscilar entre 1 y 3 metros. Históricamente se realizaban de forma manual y en la actualidad se excavan con máquinas de perforación o con explosivos en rocas duras. Generalmente, el agua entra en el pozo por el fondo y las paredes.

SONDEOS

Son las captaciones más utilizadas para las aguas minerales envasadas. Frecuentemente su diámetro oscila entre 20 y 60 centímetros y su profundidad entre 30 y 300 metros. En su interior se instala una tubería ranurada tipo "rejilla" o "puentecillo" frente a los niveles acuíferos productivos, mientras que en el resto se coloca una tubería ciega.



FUENTE: IGME

BALANCE HÍDRICO

4

Se denomina balance hídrico a la cuantificación de todas las entradas y salidas de agua de un determinado ámbito espacial (acuífero, masa de agua, cuenca hidrográfica, etc.) en un tiempo determinado.

Previamente a la cuantificación de los términos del balance hídrico, es necesario disponer de un conocimiento exhaustivo y en profundidad de la zona objeto de estudio. Para ello se precisa, entre otros, de la representación gráfica del sistema de agua superficial-subterránea, para lo que hay que incorporar toda la información geológica e hidrogeológica disponible, y así definir el modelo conceptual. Se trataría de definir los materiales litológicos, espesores, estructuras, tipos de acuíferos, límites existentes, etc. con la finalidad de caracterizar el sistema de flujo hidrogeológico e identificar las zonas de recarga, descarga, zonas de bombeo, etc.

Los balances hídricos pueden ser **globales** cuando se efectúan para el conjunto de toda una cuenca, o **parciales** cuando se realizan para una parte del todo. Respecto al ámbito temporal se considera el año hidrológico, el cual abarca desde el 1 de octubre al 30 de septiembre.

La ecuación general del balance hídrico puede expresarse de la siguiente forma:

$$P-ETR-Es=i+\Delta V\pm\varepsilon$$

Siendo:

- P** Precipitación anual media (mm)
- ETR** Evapotranspiración real (mm)
- Es** Escorrentía superficial (mm)
- i** Infiltración (mm)
- ΔV** Variación del almacenamiento (mm)
- ε** Error de cierre

Para la obtención del balance hídrico deben conocerse las entradas (precipitaciones, aporte de aguas subterráneas, trasvases de otras cuencas, etc.) y salidas del sistema (evaporación, evapotranspiración, desviaciones a otras cuencas o masas de aguas subterránea, etc.), así como el almacenamiento o reservas de partida y el error de cierre.

En la cuantificación de los diferentes términos de la ecuación es frecuente la generación de errores debidos a la metodología empleada, a la falta de precisión o a la escala, entre otros.

El conocimiento del balance hídrico se considera una herramienta fundamental para conseguir un uso más sostenible de los recursos de agua existentes, tanto en el espacio como en el tiempo, lo que asegura una mejor gestión de los mismos.

4.1 EL BALANCE HÍDRICO EN ESPAÑA

Los recursos hídricos de nuestro país presentan una variación interanual en función del año hidrológico considerado, como consecuencia de la alternancia de ciclos secos y ciclos húmedos. **La media del agua precipitada, en los últimos años, se ha estimado en torno a 330.000 hm³/año (*).**

Debido a la gran evaporación que se produce en el territorio, aproximadamente unos 220.000 hm³/año, quedarían disponibles alrededor de 110.000 hm³/año que irían a parar a ríos, embalses y acuíferos.

Esta cifra representa una aportación del orden de 220 l/m²/año, inferior a la media mundial de 300 l/m²/año. El agua infiltrada en el terreno se ha estimado en unos 20.000 hm³/año y la escorrentía directa por la red fluvial en 90.000 hm³/año (Figura 8).

Como es de imaginar, esta distribución del agua no es homogénea en todo el territorio nacional, existiendo desequilibrios territoriales y estacionales, situación que queda patente por las desigualdades existentes entre las vertientes hidrográficas del mediterráneo y la atlántica.

La Vertiente Mediterránea drena el 31% del territorio peninsular presentando veranos secos, ríos poco caudalosos, a excepción del Ebro, y una evaporación del 80% del agua precipitada. La Vertiente Atlántica drena el 69% del territorio peninsular siendo el clima más húmedo, los ríos más caudalosos y su evaporación oscila entre el 60 y 70% del agua precipitada.

(*). Un hectómetro cúbico equivale a un hipotético cubo de 100 metros de lado, el cual contiene mil millones de litros.

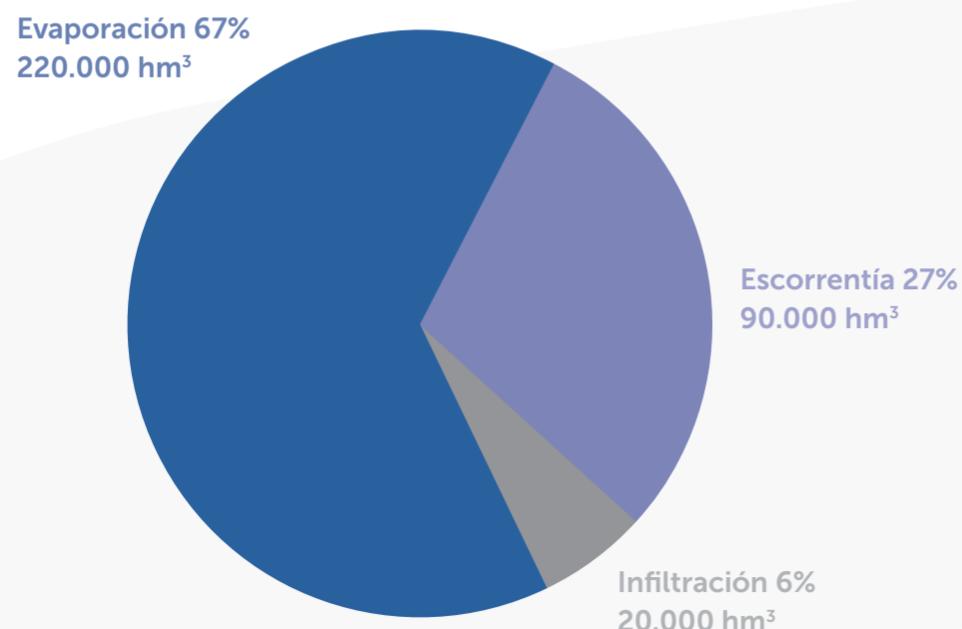


FIGURA 8: BALANCE HÍDRICO EN ESPAÑA. FUENTE: IGME

4.2 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL SUELO

El agua, durante su recorrido desde la superficie del terreno hacia el interior, se desplaza a lo largo de un hipotético plano vertical, en el que se puede establecer una zonificación en función de la mayor o menor presencia del agua.

La zona situada a mayor profundidad es aquella donde el agua rellena todos los huecos existentes y se denomina **zona saturada**. A techo de esta se sitúa la **superficie freática** cuya profundidad oscila entre escasos centímetros y centenares de metros. Esta superficie limita con la **zona de aireación o vadosa**, lugar donde coexisten en equilibrio el aire, el agua y el suelo, y donde se pueden establecer dos subzonas.

La **franja capilar** o subzona superior, se encuentra situada entre la superficie del terreno y la parte más profunda de las raíces de las plantas y es donde se producen los fenómenos de evapotranspiración. La subzona inferior queda definida a partir del límite radicular hasta el contacto con el nivel freático (Figura 9).

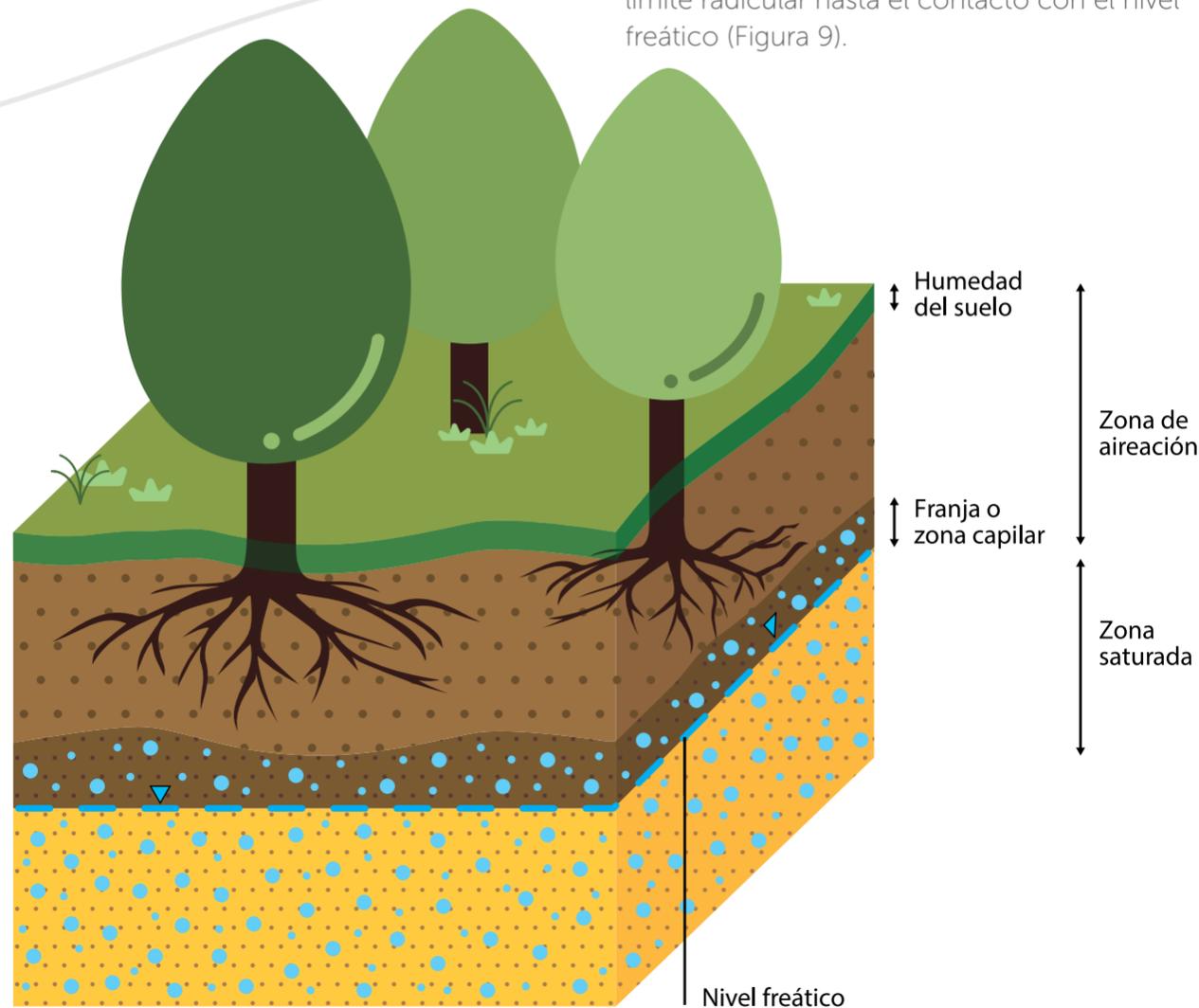


FIGURA 9: DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL SUELO. FUENTE: IGME

4.3 RECARGA DE ACUÍFEROS

La recarga es el proceso mediante el cual el agua superficial (lluvia, nieve, ...) se infiltra y percola a través del suelo hasta alcanzar el nivel freático. El agua se desplaza desde las zonas con mayor potencial hidráulico hacia las de menor potencial.

Este alto potencial hidráulico suele coincidir con áreas topográficamente elevadas, aunque no es condición indispensable. El desplazamiento del agua a través del subsuelo es muy lento y depende de factores como la conductividad hidráulica, el gradiente y la porosidad eficaz (Figura 10).

La recarga constituye un requisito indispensable para la cuantificación del balance hídrico. Se origina fundamentalmente a partir de la precipitación anual, representando una fracción de la misma, que se concentra solo en unos meses determinados. En la recarga también participan los cursos de aguas superficiales que se infiltran y circulan por la zona no saturada, alcanzando finalmente el acuífero. Este proceso se conoce también como lluvia eficaz, infiltración eficaz o recarga natural.

El porcentaje de agua infiltrada respecto al volumen precipitado depende principalmente de la litología del terreno, parámetros texturales de los materiales, pendiente de la superficie topográfica, tipo de vegetación y densidad de esta.

El conocimiento de la recarga, como parte integrante del balance hídrico, es determinante para poder cuantificar los recursos hídricos y establecer una óptima gestión de los recursos disponibles.

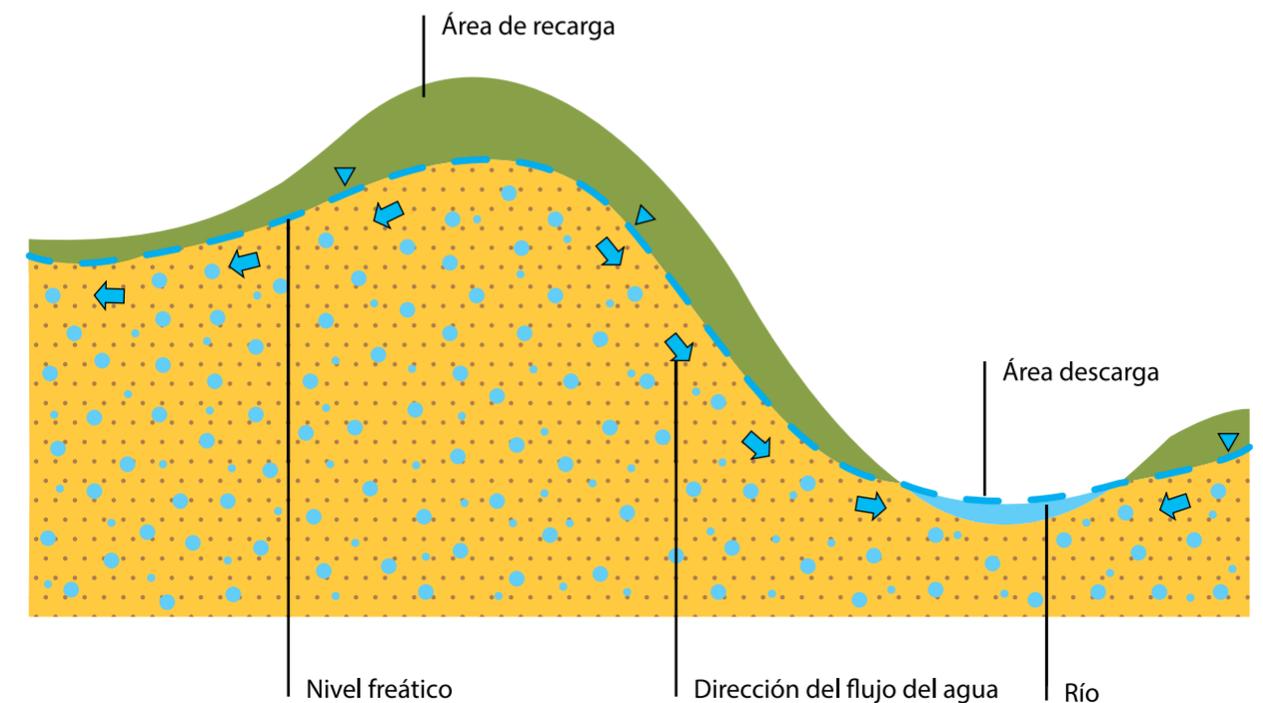


FIGURA 10: DIRECCIÓN DEL FLUJO DEL AGUA SEGÚN EL POTENCIAL HIDRÁULICO. FUENTE: IGME

4.4 USOS DEL AGUA

Desde los orígenes de nuestra civilización son numerosos los usos que la humanidad lleva haciendo de este elemento, siendo su utilización más habitual en los sectores agrícola, ganadero, industrial y de abastecimiento a la población. Hoy en día se emplea también en la producción de energía eléctrica y en actividades recreativas.

Como referencia, a nivel mundial, se estima que los más de siete mil millones de habitantes del planeta utilizan el 54% del agua dulce disponible procedente de ríos, lagos y acuíferos subterráneos.

Debido al incremento en la tipología de los posibles usos del agua en el último siglo, es frecuente, a efectos de su cuantificación, clasificarlos en "usos consuntivos" y "usos no consuntivos". Los "usos consuntivos" son aquellos que necesitan la extracción del agua desde su lugar de origen y no retornan

al medio en similares condiciones a las que fue captado. En este grupo estarían los utilizados en agricultura, ganadería e industria minera. Los "usos no consuntivos" son aquellos que emplean el agua en el ámbito del recurso, y tras su utilización, el agua es devuelta al medio en similares características a las iniciales. Un ejemplo de estos últimos serían la acuicultura y los usos recreativos.

En España, la demanda total de agua (superficial más subterránea) para usos consuntivos supera los 30.000 hm³/año, que se reparten fundamentalmente entre la agricultura de regadío, el abastecimiento público y la industria.

La agricultura demanda unos 24.000 hm³/año, aproximadamente el 80% del total. El abastecimiento urbano, incluyendo las industrias conectadas a la red, consume alrededor de 4.500 hm³/año, entorno al 15% y los usos industriales y de generación energética no incluidos en la red urbana, representan algo más de 1.500 hm³/año que se corresponden con el 5% restante (Figura 11).

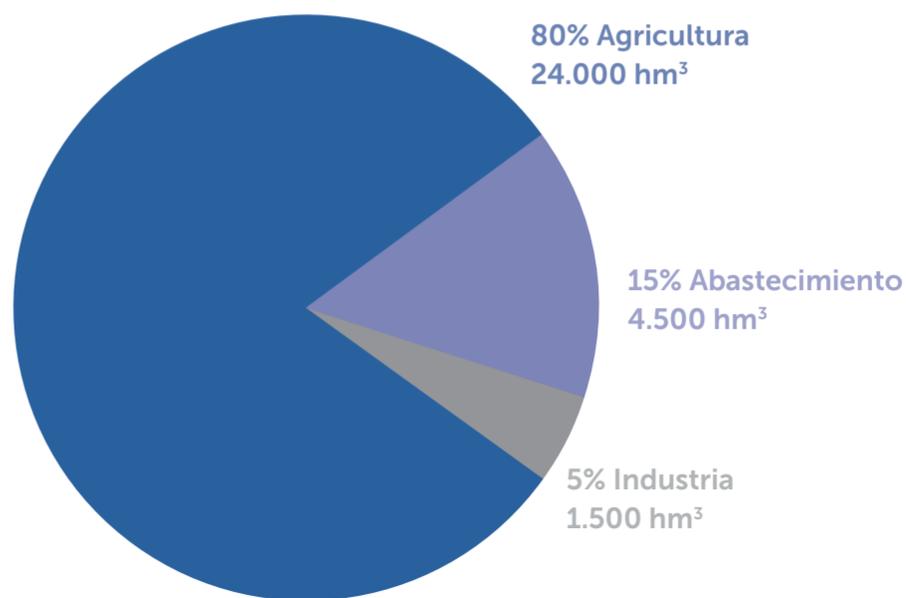


FIGURA 11: DEMANDA ESTIMADA DE AGUA PARA USOS CONSUNTIVOS EN hm³. FUENTE: IGME

Centrándonos en las aguas subterráneas, los recursos existentes se han estimado en unos 20.000 hm³/año, de los cuales se utilizan anualmente entre 5.500 – 7.000 hm³/año, es decir del 27% al 35%. En consecuencia, del total de usos consuntivos estimados en 30.000 hm³/año, son satisfechos con recursos subterráneos entre el 18% y el 23%.

El 70% del abastecimiento a núcleos urbanos se realiza con aguas subterráneas, principalmente a pequeños núcleos de población. Con ella se atienden las necesidades de más del 30% de la población para sus usos urbanos e industriales.

Las grandes ciudades gestionan el abastecimiento de su población fundamentalmente mediante aguas superficiales, esa es la razón por la que el otro 30% de los núcleos urbanos, represente el 70% de la población restante. De forma adicional, habría que considerar unos 60 millones de turistas que visitan España todos los años y que suelen concentrarse en las zonas de costa.

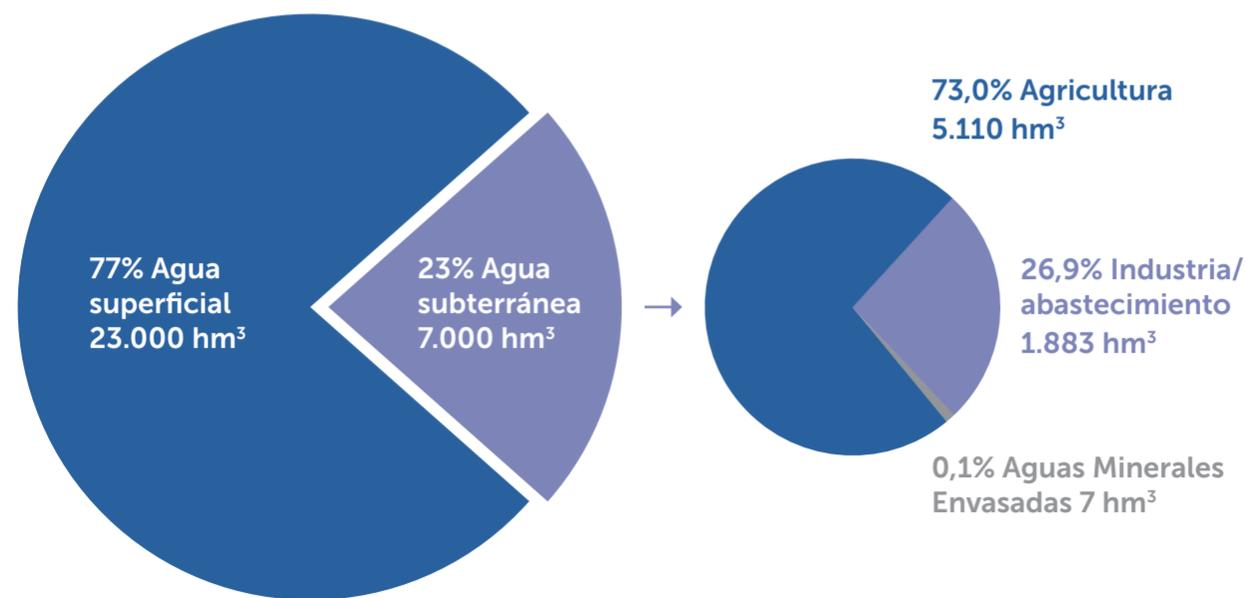


FIGURA 12: CONSUMO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA TOTAL PARA USOS CONSUNTIVOS. FUENTE: IGME

Respecto a la agricultura, cuya superficie total de riego es de aproximadamente 6,6 millones de hectáreas, cabe indicar que el 30% es regado con aguas subterráneas, lo que equivale al 75% - 80% del volumen total de estas.

La industria de las aguas minerales, en su totalidad, envasa en torno a 7 hm³/año. Su consumo se cifra alrededor del 0,03% del total de los recursos subterráneos existentes (20.000 hm³/año), y el 0,1% del volumen de aguas subterráneas explotadas (7.000 hm³/año), cantidad ínfima si se compara con el consumo hídrico subterráneo empleado en abastecimiento e industria 26,9% y en agricultura 73,0% (Figura 12).

PROTECCIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HIDROMINERAL

5

Las aguas minerales son recursos subterráneos de excelente calidad, que se corresponden con descargas naturales (manantiales) o captaciones (pozos o sondeos), cuyo equilibrio hidrodinámico e hidroquímico es frágil y, en consecuencia, muy vulnerable frente a acciones externas al mismo.

Una adecuada protección integral del agua mineral deberá contemplar todos los aspectos necesarios para la apropiada y completa protección de la misma. Por tanto, debe protegerse al acuífero captado mediante el establecimiento de un perímetro de protección; a la propia captación a través de la correcta ejecución y explotación de la misma; y establecerse una adecuada ubicación de las instalaciones con las dimensiones apropiadas en función de los recursos de agua disponibles.

5.1 PROTECCIÓN NATURAL

Cuando el agua se desplaza en el sistema compuesto por el suelo y la zona no saturada, tienen lugar distintos procesos físicos-químicos (intercambio iónico, capacidad de adsorción, etc.) y biológicos, que modifican las características del agua de partida. Estas reacciones implican la existencia de procesos naturales de descontaminación, que serán mayores cuanto más desarrollados estén los suelos y mayor potencia tenga la zona porosa no saturada. Este proceso se conoce como poder autodepurador del suelo.

El poder depurador radica en la capacidad que poseen los diferentes terrenos para atenuar la concentración de los contaminantes hasta alcanzar una pureza microbiológica y unas características químicas indiferenciables de las que tenía el acuífero captado.

Se fundamenta en la adsorción de ciertos elementos del agua que circula por el medio y el desprendimiento de otros, debido a las características de los materiales que atraviesa, como la litología, porosidad, permeabilidad, textura, cambio iónico, pH, que son los responsables de la degradación de los contaminantes, la absorción, complejización, etc.

No obstante, la capacidad de estos procesos es limitada, por lo que el riesgo de alteración de un acuífero depende de la carga que pueda modificarlo y de la vulnerabilidad del medio; entendiéndose por vulnerabilidad la mayor o menor facilidad con que se puede generar una degradación. Es por tanto algo que depende del medio que puede ser vulnerado, pero también del tipo de acción realizada.

Se pueden diferenciar dos tipos de vulnerabilidad:

Vulnerabilidad intrínseca; que es la susceptibilidad del agua subterránea a la contaminación generada por la actividad humana en función de las características geológicas e hidrogeológicas de un área pero independiente de la naturaleza de los contaminantes.

Vulnerabilidad específica; que es la susceptibilidad del agua subterránea a un contaminante o grupo de contaminantes en función de las características de estos y sus relaciones con los componentes de la vulnerabilidad intrínseca.

La vulnerabilidad intrínseca es una propiedad inherente al acuífero, que depende de las propiedades naturales del medio, cuya determinación se basa en la evaluación de parámetros principales (recarga natural, suelo, zona no saturada y acuífero) y otros secundarios (topografía, naturaleza de la unidad geológica subyacente del acuífero y el contacto con aguas superficiales o aguas de mar).

5.2 PERÍMETROS DE PROTECCIÓN Y ZONIFICACIÓN

El perímetro de protección es aquella superficie de terreno delimitada mediante una poligonal definida por coordenadas, en la que se prohíben o se condicionan las actividades que pueden perjudicar al acuífero captado por el pozo, sondeo o manantial que se pretende proteger. Su función es garantizar la conservación de las aguas minerales y termales desde un punto de vista cuantitativo y cualitativo.

Para salvaguardar la cantidad del recurso es preciso regular, o en su caso, prohibir nuevas extracciones de agua, mientras que la protección de la calidad se conseguirá regulando las actividades que potencialmente puedan contaminar el agua mineral.

Protección de la cantidad. Corresponde a la delimitación de una poligonal exterior a la captación, donde se limitan las extracciones de agua de otras posibles captaciones, con el objeto de preservar dicho recurso, el cual goza de la tutela y protección administrativa.

La explotación de nuevos sondeos próximos a la captación que se pretende proteger o la variación de las condiciones de explotación de las ya existentes, puede generar un descenso del nivel piezométrico fruto de la superposición de los radios de bombeo de dichas captaciones.

Esta afección sería más acusada en el caso de que numerosas captaciones exploten un mismo acuífero, pudiendo generarse situaciones de desequilibrio en el balance hídrico y en casos muy extremos, la sobreexplotación del mismo. Este hecho, es de especial relevancia en el caso concreto de una planta de envasado ya que se traduciría en una reducción del caudal de explotación o incluso en la imposibilidad de continuar con su actividad.

Protección de la calidad. Es un área generalmente dividida en zonas con diferentes grados de restricciones según las actividades potencialmente contaminantes. La delimitación de la zonificación, será diferente en base a que los acuíferos sean detriticos, ajustándose a la ley de Darcy, o que estén en medios kársticos y/o fisurado, que presentan un comportamiento más singular y difícil de caracterizar.

El número de zonas a definir será función de las características hidrogeológicas y del funcionamiento hidrodinámico del acuífero. Las principales son:

ZONA INMEDIATA O DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS

Corresponde al área inmediata a la captación, donde se prohíbe cualquier actividad en su interior, ajena al mantenimiento de la misma. El objetivo es garantizar su protección frente a acciones vandálicas, animales, vertidos potenciales, o infiltración directa sobre la captación.

Por ello, esta zona deberá estar siempre protegida mediante una caseta que incluirá un sistema de cierre que aisle la captación de toda persona no autorizada. El interior de la misma deberá acondicionarse de modo que quede garantizada la impermeabilidad. También es conveniente que se complemente dicha protección con un vallado perimetral.

Su tamaño teóricamente se suele cifrar en 100-400 m² o bien el correspondiente a un **tiempo de tránsito de 24 horas**. En la práctica se constata que frecuentemente las dimensiones se **corresponden únicamente a las de la caseta y/o cercado existente**.



ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS. FUENTE: IGME

ZONA PRÓXIMA O DE RESTRICCIONES MÁXIMAS

De forma orientativa sería el área resultante de la aplicación de un tiempo de **tránsito de 50 a 60 días**, aunque han de tenerse en cuenta otros factores, con el objeto de proteger al agua mineral **contra la contaminación microbiológica**. Además, debe de ser suficiente para la eliminación o dilución de otros contaminantes o, al menos, permitir una alerta con antelación suficiente.

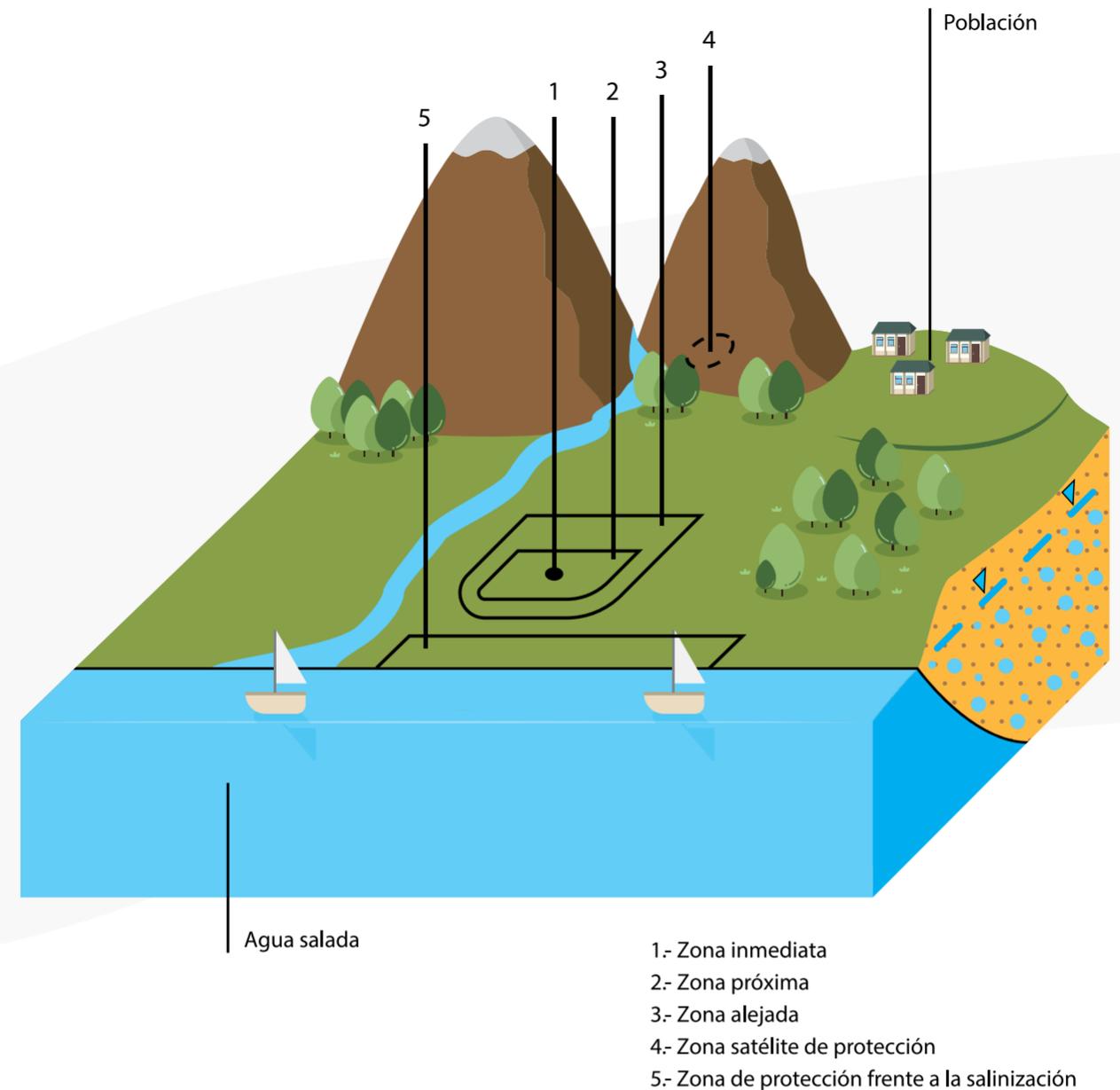
ZONA ALEJADA O DE RESTRICCIONES MODERADAS

Sería el espacio necesario para proteger la captación **frente a contaminantes de larga persistencia**, básicamente contaminación química no degradable o difícilmente degradable, como metales pesados, hidrocarburos o compuestos orgánicos.

Para la determinación de esta zona se utilizan **tiempos de tránsito entre 5-10 años**, o en determinadas ocasiones extendida a toda el área de alimentación de la captación. Dado el carácter no degradable o difícilmente degradable de algunos contaminantes siempre se debería contar con una red de vigilancia de la calidad del agua mineral, al estar estrechamente relacionadas con el consumo humano.

OTRAS POSIBLES ZONAS

Si bien, normalmente es suficiente con las tres zonas señaladas anteriormente, en ocasiones puede ser necesario definir las denominadas **"zonas satélites"**, cuando en el acuífero existen áreas que presentan una **conexión hidráulica directa o preferente**



- 1.- Zona inmediata
- 2.- Zona próxima
- 3.- Zona alejada
- 4.- Zona satélite de protección
- 5.- Zona de protección frente a la salinización

FIGURA 13: ZONIFICACIÓN DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN. FUENTE: IGME

con la captación, aunque alejadas de la misma y situadas en el exterior del perímetro delimitado.

Otra posibilidad es que la captación estuviera próxima al mar, en cuyo caso habría que delimitar una zona de **protección contra la intrusión salina**, en la cual estarían restringidos los bombeos para impedir la degradación de la calidad del agua por efecto del avance del frente salino (Figura 13).

Los perímetros de protección definidos para las aguas minerales envasadas constan de dos o tres zonas en función de la comunidad autónoma. En todos ellos se define la zona de protección inmediata; la diferencia reside en que en algunas comunidades se engloban la zona próxima y la alejada en una única área.

5.2.1 ESTUDIOS PREVIOS

La elaboración de un perímetro de protección requiere una serie de estudios previos con el fin de obtener la máxima información de la zona que se pretende proteger.

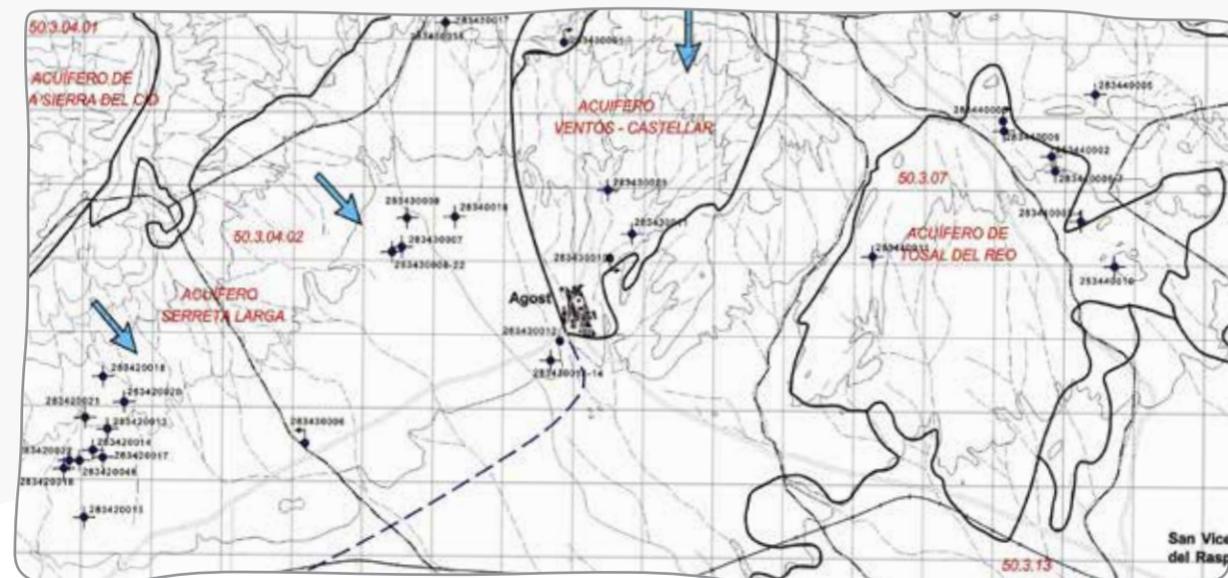
El Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y agua de manantial envasada para consumo humano, establece en su anexo II las normas y criterios para solicitar la declaración y autorización de aprovechamiento de estas aguas y la necesidad de realizar un informe geológico e hidrogeológico de la zona donde se encuentra la captación a explotar.

Los aspectos a tener en cuenta en el informe geológico a aportar sobre el origen y la naturaleza del terreno contendrán entre otros:

- La situación exacta de la captación con coordenadas UTM con indicación de su altitud, sobre un mapa de escala no superior a 1/1.000.
- La estratigrafía del yacimiento hidrogeológico.
- Mapa geológico de detalle a la escala adecuada.
- Descripción de las litologías de las diferentes formaciones y su potencia.
- Estructura de las formaciones y cortes geológicos.
- Análisis de fracturación.

Así mismo, el estudio hidrogeológico debe contener los siguientes puntos:

- Una descripción de las obras e instalaciones de captación.
- Un estudio que acredite suficientemente la procedencia de las aguas y la protección natural del acuífero frente a la contaminación.
- El caudal del manantial o de la captación subterránea.
- La temperatura del agua en el punto de alumbramiento y la temperatura ambiente.
- En captaciones subterráneas, realización de un ensayo de bombeo para determinar el caudal óptimo de explotación.
- Inventario de puntos de agua existentes en la zona.
- Parámetros hidrodinámicos del acuífero.
- Mapa de isopiezas con la dirección y sentido del flujo.
- Inventarios de focos potenciales de contaminación.
- Estudio de vulnerabilidad del acuífero evaluando el poder autodepurador de los terrenos atravesados.
- Estudio de las zonas de recarga mediante la realización de análisis de isótopos (O^{18} y deuterio).
- Determinación del tiempo de residencia del agua en el acuífero mediante análisis isotópicos (tritio o el trazador que resulte más idóneo).
- La relación existente entre la naturaleza del terreno y la naturaleza y el tipo de mineralización.
- Las medidas de protección del manantial y zona circundante contra la contaminación, necesarias para la correcta protección cuantitativa y cualitativa del manantial o captación subterránea. En concreto deberá delimitarse la poligonal que define el perímetro de protección mediante coordenadas UTM.



MAPA DE PUNTOS DE AGUA. FUENTE: IGME

5.2.2 CRITERIOS PARA LA DELIMITACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

La delimitación de los perímetros de protección se realiza a partir de la aplicación de métodos que se basan en los siguientes criterios:

DISTANCIA

Consiste en delimitar un área circular, de tamaño arbitrario, en torno a la captación. Es considerado poco eficaz, ya que no incorpora ningún aspecto relativo a las condiciones hidrogeológicas de la zona.

DESCENSO

Se basa en la consideración de que en el área en la que influye el bombeo en el nivel piezométrico, se puede producir el transporte o la propagación a mayor velocidad de un contaminante, como consecuencia de la variación en la dirección del flujo del agua y aumento del gradiente hidráulico.

En contrapartida, este criterio no tiene en cuenta la contaminación que se produce fuera de la zona de influencia, pero sí dentro del área de alimentación, y que con el tiempo podría afectar en mayor o menor medida a la calidad del agua mineral.

TIEMPO DE TRÁNSITO

Evalúa el tiempo que tarda un contaminante en llegar desde el punto de vertido a la captación, en base a los procesos de transporte de solutos en el agua subterránea, dispersión hidrodinámica y en la interacción sólido-soluto.

El objetivo es definir zonas con la suficiente amplitud para que el resultado de una actividad contaminante tarde en llegar un tiempo determinado que permita su degradación. En general, debe emplearse en acuíferos porosos considerando un tiempo de tránsito de un día en la zona inmediata, de 50-60 días en la zona próxima y de 5 años en la zona alejada.

CRITERIOS HIDROGEOLÓGICOS

Queda fundamentado en el hecho de que una contaminación que se produce en el área de alimentación de una captación, puede alcanzarla transcurrido un tiempo suficiente, por lo que se precisaría la protección de esta zona. Se basa en la identificación de barreras hidrogeológicas como ríos, canales, lagos, divisorias piezométricas, materiales impermeables, y otras que protegen la captación frente a una posible contaminación.

Estos criterios se emplean sobre todo en acuíferos kársticos y fisurados y en acuíferos de pequeña extensión, aunque también es sumamente recomendable su utilización en el caso de acuíferos porosos, para complementar y verificar los resultados obtenidos con la aplicación de otros criterios.

PODER AUTODEPURADOR DEL TERRENO

Determina la capacidad de los terrenos para atenuar la concentración de contaminantes hasta alcanzar una calidad admisible.

La selección o combinación de criterios más idóneos será función de la facilidad de aplicación, la posibilidad de determinar el poder autodepurador del terreno, la concordancia con el modelo hidrogeológico general y el conocimiento de los procesos físicos que intervienen.



5.2.3 MÉTODOS PARA DEFINIR EL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

Existen diversos métodos para delimitar el perímetro de protección de una captación o manantial de agua mineral. Desde el punto de vista técnico **es primordial en primer lugar, analizar el comportamiento del acuífero captado**, para conocer si se trata de un medio poroso o con un comportamiento asimilable al mismo, o por el contrario se trata de un medio kárstico o fisurado. **En segundo lugar, determinar los diversos criterios que pueden emplearse, y por último seleccionar el método o métodos más idóneos a aplicar en cada caso**, dependiendo de la hidrogeología y del funcionamiento hidrodinámico del acuífero. Los métodos utilizados más habitualmente son:

5.2.3.1 ÁREA FIJADA ARBITRARIAMENTE

Se basa en definir un área de dimensiones arbitrarias. Se podría establecer que sus antecedentes provienen de la aplicación de los derechos de expropiación forzosa que otorgaba al titular del aprovechamiento el "Estatuto sobre la explotación de manantiales de aguas minero-medicinales, aprobado por el Real Decreto-Ley de 25 de abril de 1928".

Dicho estatuto en su Título primero artículo Noveno establece que para la salvaguarda del manantial se definiría una zona de "nueve hectáreas que, tomando como centro la fuente, pozo o manantial, se extiende 150 metros por cada uno de los puntos cardinales". Actualmente, este método **se utiliza solo para definir el área de restricciones absolutas**, con un tamaño variable que oscila entre 100 y 400 m².

5.2.3.2 MÉTODOS ANALÍTICOS

Los métodos analíticos, como **conjunto de técnicas que permiten determinar cuantitativamente un perímetro de protección, se emplean fundamentalmente en acuíferos porosos.**

Se parte de la base de que el acuífero tiene un comportamiento homogéneo, isótropo e infinito, y que la captación es completamente penetrante. Por ello, cuanto más se aleje el acuífero de estas condiciones, mayor error se cometerá en su definición. De ahí la importancia de combinar diferentes métodos de delimitación de perímetros, como el método hidrogeológico, para poder contrastar los resultados.

A. RADIO FIJO CALCULADO

El radio que se define con este método, se calcula mediante una ecuación en la que **se utiliza como criterio el tiempo de tránsito o el descenso del nivel piezométrico.** Es un método con poca exactitud, puesto que considera un número muy limitado de factores.

● Tiempo de tránsito:

Se calcula el volumen de agua que llega a la captación en un tiempo determinado, que será el que se considere necesario para eliminar o disminuir la contaminación hasta un nivel admisible.

El método se basa en un análisis bidimensional del balance de agua asumiendo un flujo radial hacia el pozo, en un acuífero con espesor saturado (b) constante, el cilindro que corresponde a una isócrona de tiempo de tránsito (t) tiene un radio fijo (R) tal que cualquier partícula que entre en ese cilindro, o ya esté dentro, tardará un máximo de t días antes de ser bombeada en el pozo (Figura 14).

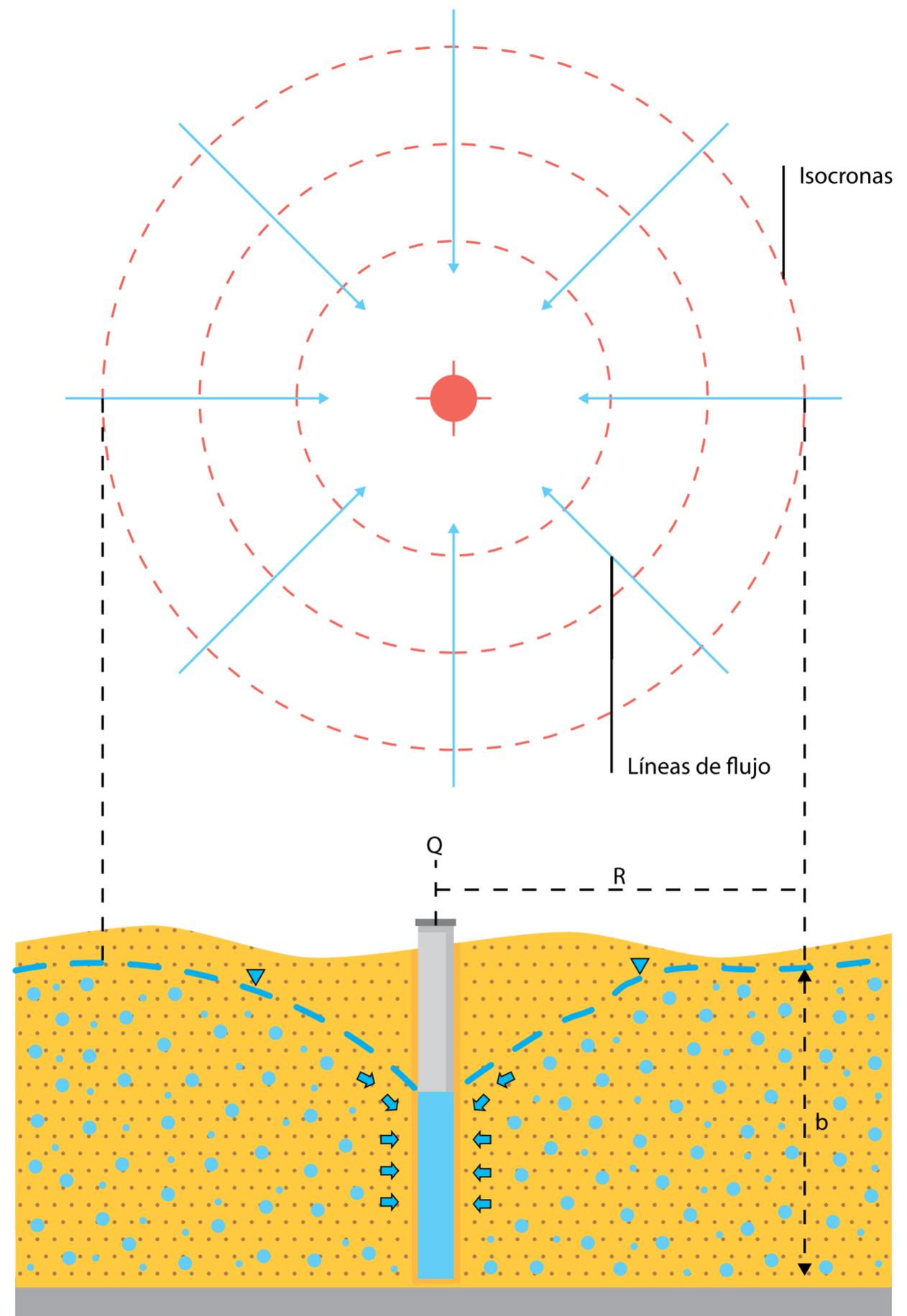


FIGURA 14: RADIO FIJO CALCULADO.. FUENTE: IGME

El balance de agua para el periodo t es según la United States Enviromental Protection Agency (USEPA, 2000):

$$N * \pi * R^2 * t + m_e * \pi * R^2 * b = Q * t$$

Donde:

- N** Recarga procedente de infiltración de la precipitación (m/día)
- R** Radio del perímetro de protección a calcular (m)
- t** Tiempo de tránsito hasta la captación (día)
- m_e** Porosidad eficaz del acuífero
- b** Espesor saturado (m)
- Q** Caudal bombeado en la captación (m³/día)

El primer término de la ecuación volumétrica representa la entrada al acuífero debido a la recarga y el segundo el agua contenida dentro del cilindro. El término de la derecha de la igualdad equivale a la cantidad total de agua extraída del pozo durante el periodo de bombeo.

El radio puede expresarse como:

$$R = \sqrt{\frac{Q * t}{(N * \pi * t) + (m_e * \pi * b)}}$$

En el método volumétrico se considera que el término (N·π·t) es muy pequeño debido al ínfimo valor del tiempo o de la recarga o de ambos. Por lo tanto:

$$R = \sqrt{\frac{Q * t}{(m_e * \pi * b)}}$$

● **Descenso:**

Define el área en la cual se produce un descenso determinado del nivel piezométrico, empleando la ecuación de Theis (Theis, 1935) para el estado transitorio. La precisión del método será mayor cuanto más se asemeje la realidad del acuífero a las condiciones matemáticas o condiciones de contorno impuestas para su resolución (Villanueva Martínez e Iglesias López, 1984).

Estas son:

- Acuífero de extensión infinita homogéneo e isótropo en cuanto a su conductividad hidráulica.
- La captación atraviesa completamente la formación permeable.
- El flujo de agua hacia la captación es radial y sin componente vertical.
- El caudal de bombeo es constante.
- El pozo de bombeo es de diámetro cero.
- No existe recarga al acuífero.

La ecuación de Theis es:

$$d = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du$$

En la cual "u" es una función auxiliar cuyo valor es:

$$u = \frac{R^2 * S}{4 * T * t}$$

Donde:

- d** Descenso en un punto situado a la distancia R del pozo de bombeo
- Q** Caudal de bombeo constante
- T** Transmisividad del acuífero
- R** Distancia a la captación
- S** Coeficiente de almacenamiento
- t** Tiempo transcurrido desde el comienzo del bombeo, consideradas inicialmente condiciones de reposo

A partir de un descenso fijado (d) y mediante la utilización de los ábacos correspondientes, se calcula la distancia a la que se produce dicho descenso, siendo esta el radio del perímetro de protección.

B. MÉTODO DE HOFFMAN Y LILICH

Se trata de un método iterativo simple (Hoffman y Lillich, 1973), que necesita pocas variables para su resolución. Es aplicable en **medios homogéneos**, cuando el descenso producido por el bombeo es pequeño en relación con el espesor saturado del acuífero.

Se basa en el descenso generado en las proximidades de un pozo. En un acuífero cautivo se define por la ecuación de Todd (Todd, 1964) y en el caso de un acuífero libre, por la de Dupuit:

Fórmula de Todd:

$$h - h_w = (h_0 - h_w) * \frac{\ln(i/r)}{\ln(R/r)}$$

Fórmula de Dupuit:

$$(h - h_w)^2 = (h_0 - h_w)^2 * \frac{\ln(i/r)}{\ln(R/r)}$$

Siendo:

- h** Nivel piezométrico en relación a un nivel de referencia en un punto dado
- l** Distancia de ese punto al pozo
- h_w** Nivel dinámico en el pozo respecto al nivel de referencia
- h₀** Nivel piezométrico en reposo respecto al nivel de referencia
- R** Radio de influencia
- r** Radio del pozo

Y teniendo en cuenta que:

- El gradiente:

$$i = (h - h_w) / l$$

- La velocidad eficaz a partir de la ley de Darcy:

$$V_e = k * i / m$$

- La distancia correspondiente a un tiempo de tránsito es:

$$E = V_e * t$$

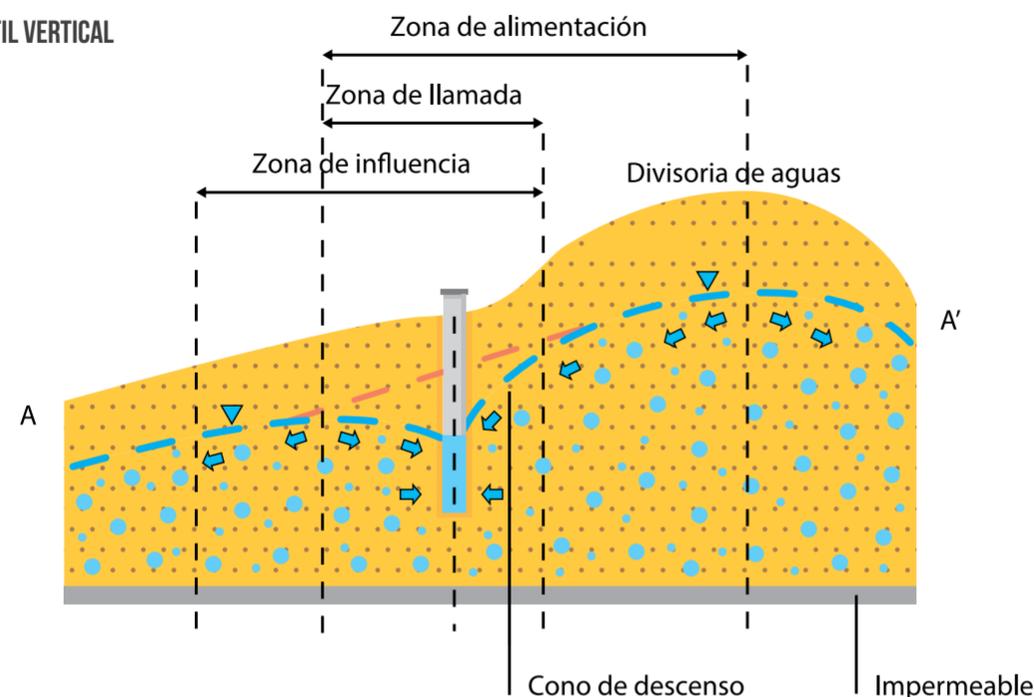
Se realizarán cálculos iterativos hasta encontrar el valor de l de manera que si se calcula la velocidad V_e y la distancia E, coincidan los valores de E y l.

C. MÉTODO DE WYSSLING

Se fundamenta en el cálculo de la zona de llamada, entendiéndose por la misma la parte del área de alimentación en la cual puede apreciarse un descenso piezométrico

como consecuencia del bombeo y donde las líneas de corriente se dirigen a la captación. Posteriormente, se obtiene el tiempo de tránsito deseado (Figura 15).

PERFIL VERTICAL



VISTA EN PLANTA

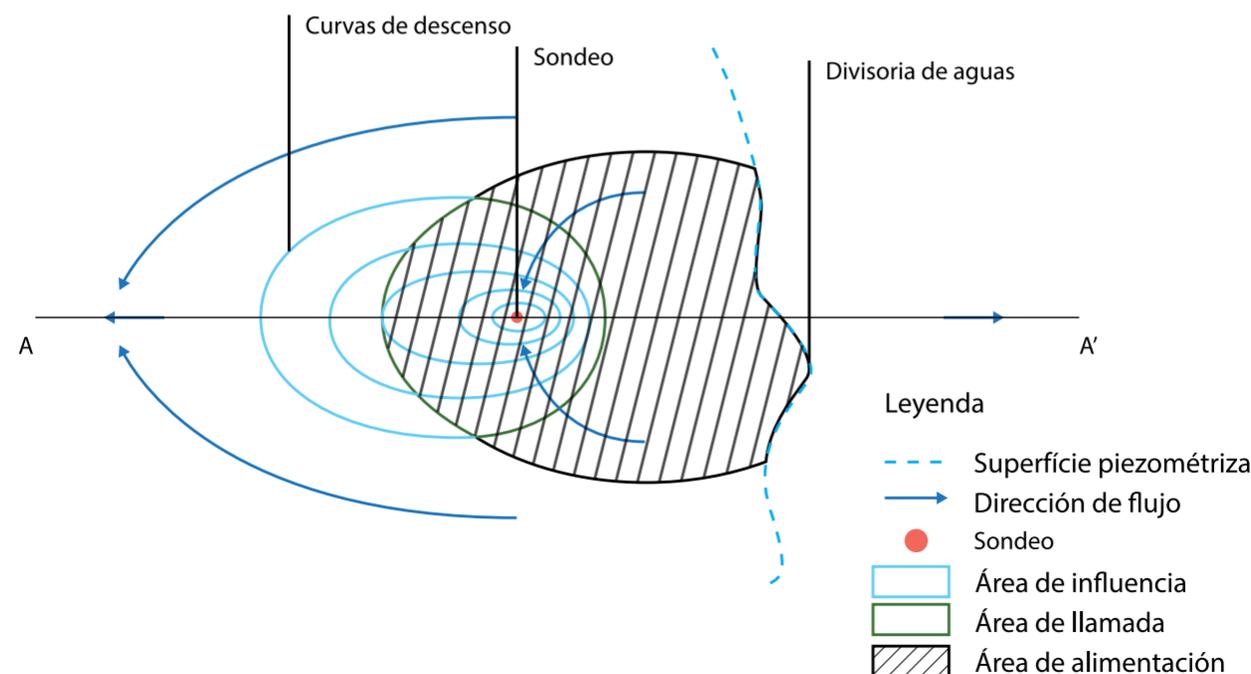


FIGURA 15: ZONIFICACIÓN SEGÚN RADIO DE BOMBEO. MÉTODO DE WYSSLING. FUENTE: IGME

El método de Wyssling (Wyssling, 1979 en Lallemand-Barrès, Roux, 1989), precisa conocer el valor de los siguientes parámetros hidráulicos:

- i** Gradiente hidráulico. Obtenido a partir de las isopiezas trazadas
- Q** Caudal real bombeado
- K** Conductividad hidráulica
- m_e** Porosidad eficaz
- b** Espesor saturado del acuífero

El procedimiento de cálculo sería el siguiente (Figura 16):

A. Se calcula en primer lugar la zona de llamada:

$$Q = K * B * b * i$$

Donde la anchura del frente de llamada B, en un acuífero sería:

$$B = \frac{Q}{K * b * i}$$

B. Se obtiene el radio de llamada de la ecuación:

$$X_0 = \frac{Q}{2 * \pi * K * b * i}$$

El ancho del frente de llamada a la altura de la captación sería:

$$B' = \frac{B}{2} = \frac{Q}{2 * K * b * i}$$

C. Se calcula la velocidad eficaz:

$$V_e = K * i / m_e$$

D. Una vez determinada la zona de llamada ha de buscarse, en la dirección del flujo, la distancia correspondiente al tiempo de tránsito deseado (isocronas), mediante las ecuaciones:

$$S_0 = \frac{+l + \sqrt{l * (l + 8 * X_0)}}{2}$$

$$S_u = \frac{-l + \sqrt{l * (l + 8 * X_0)}}{2}$$

Donde:

- l** $V_e \cdot t$
- t** Tiempo de tránsito
- V_e** Velocidad eficaz
- S₀** Distancia aguas arriba en la dirección del flujo correspondiente a un tiempo de tránsito t
- S_u** Distancia aguas arriba en la dirección del flujo correspondiente a un tiempo de tránsito t

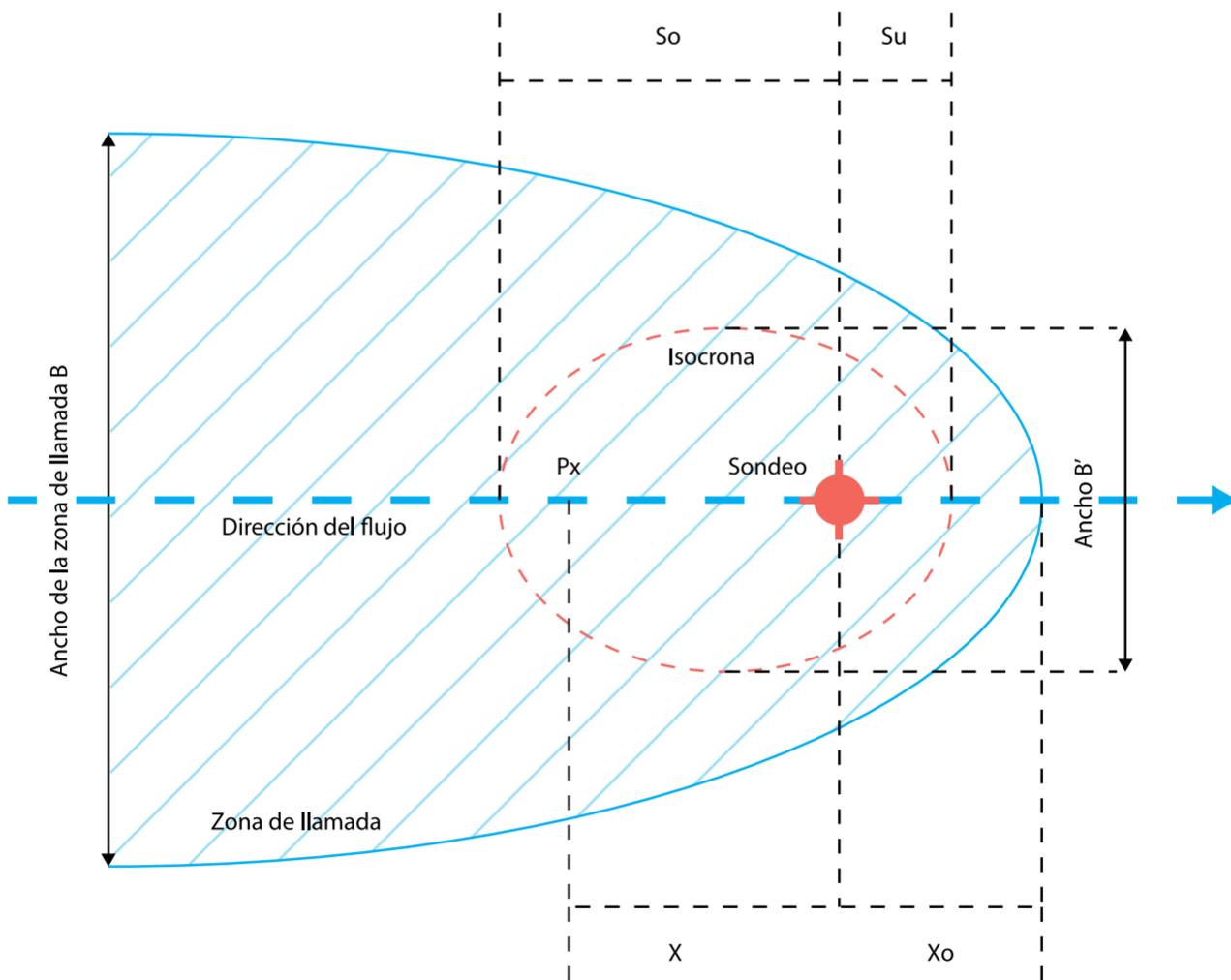


FIGURA 16: DETERMINACIÓN DE ISOCRONAS POR EL MÉTODO DE WYSSLING. FUENTE: IGME

5.2.3.3 MÉTODOS GRÁFICOS

Los métodos gráficos utilizados habitualmente para determinar el perímetro de protección de un recurso hidromineral son:

A. MÉTODO ALBINET

Este método considera que cualquier contaminación vertida sobre el área de llamada llegará a la captación. Este límite se emplea aguas abajo, como límite del perímetro de protección próximo.

Se basa en la fórmula de Theis, válida en régimen transitorio, y es necesario el cálculo de descensos en función de la distancia al pozo. Conociendo la superficie piezométrica previa al bombeo, se trazan las curvas de igual descenso alrededor de la captación en función del caudal elegido (Figura 17).

Con posterioridad se determinan las isopiezas modificadas, resultantes de superponer el mapa de isopiezas de base y las curvas de descenso. A partir de las isopiezas resultantes se determina el perímetro de protección.

Curvas distancia/descenso

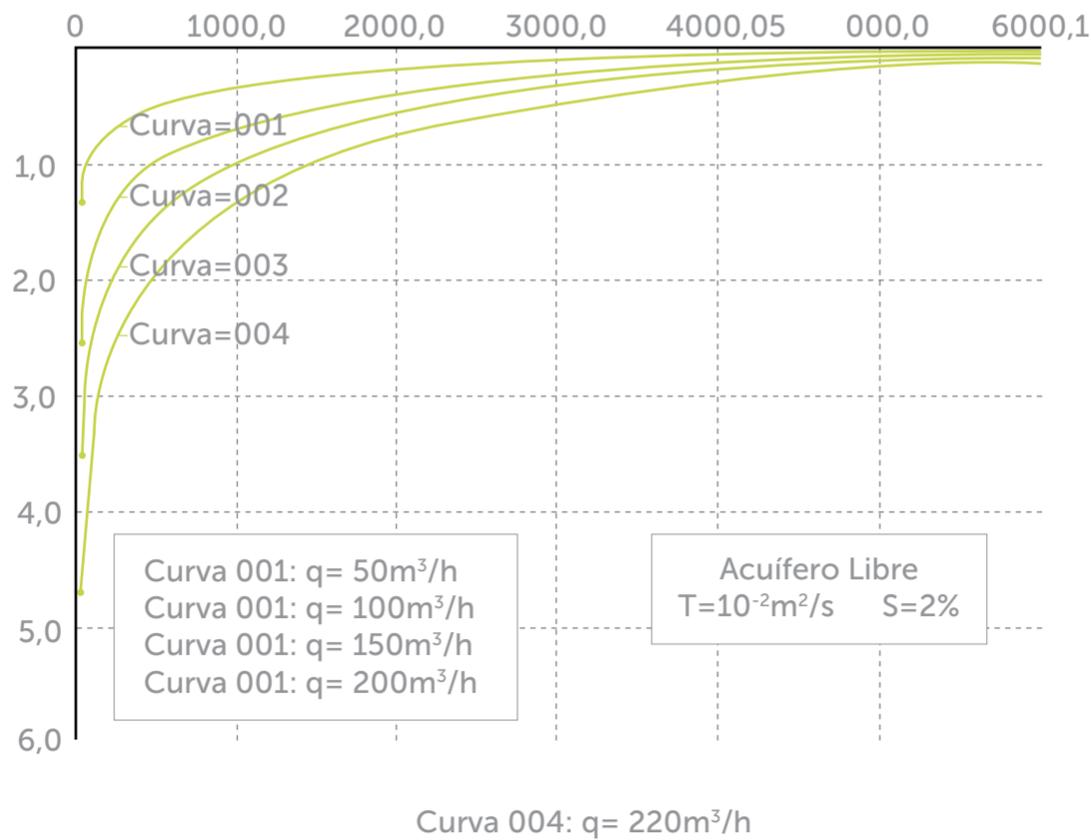
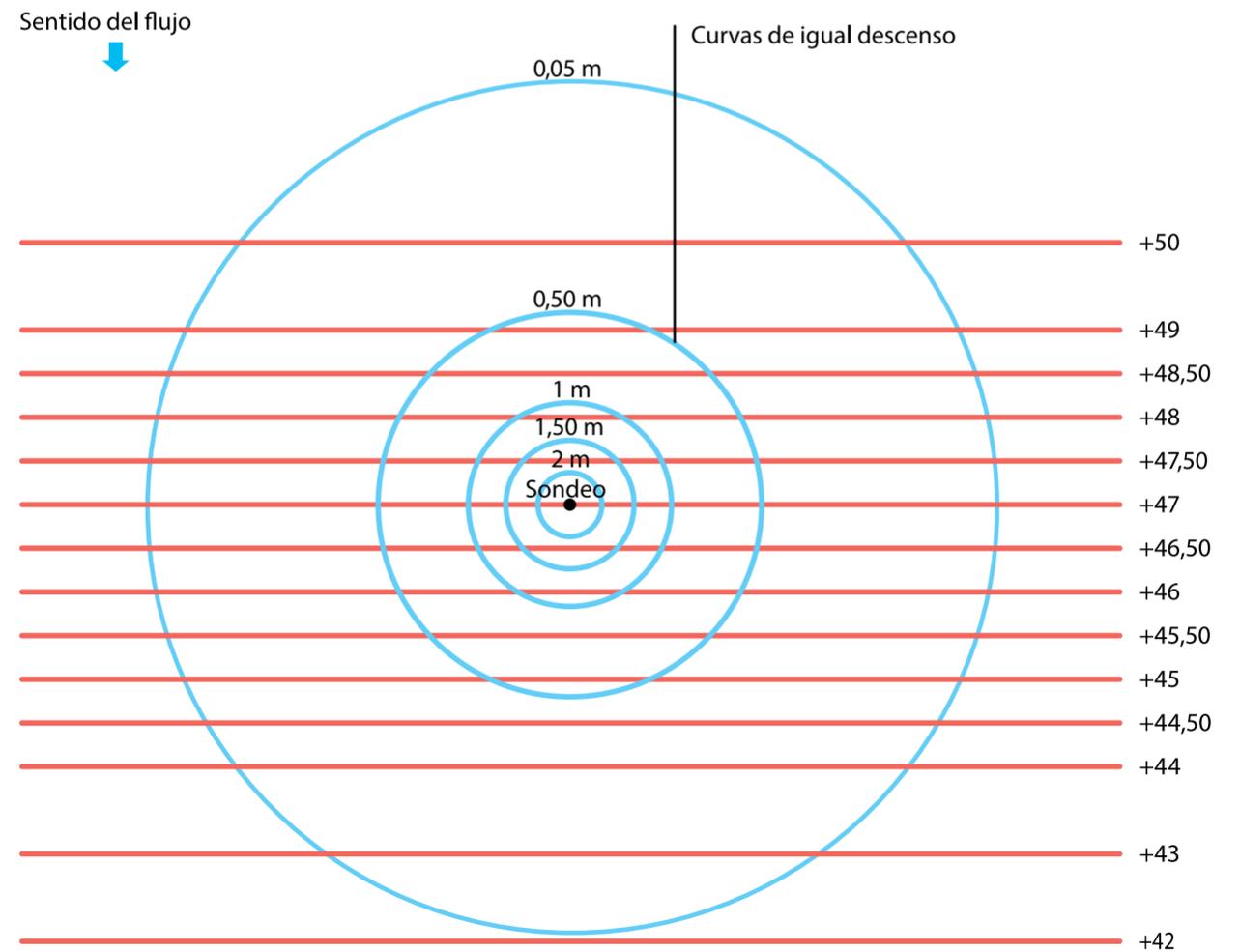


FIGURA 17: MÉTODO DE ALBINET. FUENTE: IGME. MODIFICADO DE ALBINET, 1972 EN MORENO MERINO ET AL., 1991.

Curvas de igual descenso



FUENTE: IGME

B. EMPLEO DE ÁBACOS PARA CÁLCULO DE ISÓCRONAS

Se emplea en **acuíferos detríticos, homogéneos**, donde se conoce con precisión la dirección y magnitud del flujo del agua y los parámetros que caracterizan el acuífero. Para abordar la mayor parte de los casos se consideran cuatro supuestos:

- Pozo único situado en un acuífero homogéneo, isótropo y de extensión infinita, inicialmente en reposo. Método: Radio fijo calculado en función del tiempo de tránsito.
- Pozo único situado en un acuífero homogéneo, isótropo y de extensión infinita, sometido a un gradiente regional uniforme. Método de Jacobs y Bear.
- Pozo único situado en un acuífero homogéneo e isótropo, de extensión semiinfinita con alimentación lateral procedente de un curso de agua.
- Batería de pozos en línea.

C. NOMOGRAMAS

Un nomograma es una representación gráfica que permite realizar con rapidez cálculos numéricos, siendo su empleo frecuente en el campo de la hidrogeología, en particular en el establecimiento de perímetros de protección.

Van Waegeningh y Van Duijnenboden proponen la construcción de nomogramas para obtener el tamaño de la zona de protección. En función de los valores de caudal y espesor de un acuífero dado obtienen el área de alimentación del mismo y la distancia. Para el cálculo del tiempo o distancia es preciso conocer los valores correspondientes a los parámetros de la porosidad eficaz, tiempo de tránsito e infiltración.

El nomograma de Pettyjon se basa en encontrar la distancia a la cual, después de la inyección de un contaminante, aparece una determinada concentración al cabo de un tiempo dado.

Para ello, deben conocerse los siguientes parámetros: espesor, porosidad, coeficientes de dispersión longitudinal y transversal, dispersividad, factor de retardo y caudal de inyección. La distancia calculada ha de ser medida en la línea central de la pluma de contaminación.

D. MÉTODO DE HORSLEY

Con este método se determina el área de alimentación mediante el análisis de la piezometría y el área de recarga. Horsley propone el cálculo del perímetro de protección en tres fases consecutivas:

- Obtención de la distancia a la que se encuentra la divisoria de flujo aguas abajo, empleando un método gráfico basado en el dibujo de las curvas de los descensos del nivel piezométrico, antes y después de comenzar el bombeo.
- Delimitación de la extensión del perímetro aguas arriba, en función de la proporción existente entre la potencia del acuífero que drena la captación y el espesor saturado total del mismo.
- Cálculo del área que abarca el perímetro en función de la recarga y del caudal de extracción.

5.2.3.4 MÉTODOS HIDROGEOLÓGICOS

Son especialmente útiles para acuíferos kársticos o fisurados, en los cuales no son aplicables la mayor parte de los procedimientos descritos anteriormente, por ser medios anisótropos y heterogéneos.

Se basan en la realización de estudios encaminados al conocimiento, lo más exhaustivo posible, de las características generales del acuífero y su geometría, de sus parámetros hidráulicos, del balance hídrico y del análisis piezométrico; que permitan, entre otros, conocer el modelo de funcionamiento del acuífero para garantizar el recurso, así como la vulnerabilidad y riesgo potencial de contaminación para las aguas minerales.

5.2.3.5 MODELOS MATEMÁTICOS DE FLUJO Y TRANSPORTE

Un modelo es una simulación de un sistema, mediante herramientas informáticas, en el que se simplifican las condiciones de contorno y los procesos más importantes que ocurren en el área reproducida. Son de utilidad a la hora de predecir las respuestas del sistema ante posibles actuaciones o cambios futuros.

Los perímetros de protección pueden calcularse utilizando estos modelos matemáticos que simulan el flujo del agua subterránea y/o el transporte de solutos y resuelven matemáticamente las ecuaciones que lo definen, precisando unas hipótesis hidrodinámicas para caracterizar el acuífero que va a ser modelado, eligiendo, en función de estas y de los objetivos, el modelo que se va a emplear.

Una vez realizada la elección del modelo, se selecciona el período que va a ser utilizado como referencia en función de los datos existentes, a continuación, se procede a la calibración del mismo, introduciendo los parámetros hidrogeológicos y comprobando si los datos que proporciona coinciden con los existentes para el período de referencia, revisando o introduciendo nuevos datos cuando concuerden.

Una vez que el modelo ya está disponible para simular diversas hipótesis, se puede determinar el perímetro de protección en función del criterio elegido para ello (tiempo de tránsito, descenso, etc.).

Tienen la ventaja que pueden utilizarse tanto en medios porosos, como en medios kársticos y/o fisurados, pero a su vez precisan para su aplicación de un elevado conocimiento del acuífero y de los parámetros hidrogeológicos que lo caracterizan.

5.2.3.6 OTROS MÉTODOS Y TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS

A. MÉTODO DE REHSE PARA EL CÁLCULO DEL PODER AUTODEPURADOR DEL SUELO

Rehse propone un **método empírico para el cálculo del poder autodepurador del suelo**, basándose en la circulación del contaminante tanto en la zona no saturada como en la zona saturada. En función de la velocidad, tipo de materiales y espesor atravesado se puede cuantificar el nivel de depuración del contaminante.

El poder depurador sobre la totalidad del terreno es suma del poder depurador en la zona saturada y la no saturada. Por tanto, será completo cuando sea igual o mayor que 1.

$$M_x = M_A + M_R$$

Siendo:

- M_x Poder depurador sobre la totalidad del transporte
- M_A Poder depurador en el trayecto horizontal (zona saturada)
- M_R Poder depurador en el trayecto vertical (zona no saturada)

Para su cálculo este autor se apoya en varias tablas (tablas 2 y 3), que relacionan el tipo de material y su poder depurador.

- Poder depurador en la zona no saturada es:

$$M_R = \sum_{i=1}^n h_i \times I_{r_i}$$

Donde:

- h_i espesor vertical de los materiales en la zona no saturada
- I_{r_i} Índices de depuración de los materiales en la zona no saturada

- El poder depurador de la zona saturada se corresponde con la distancia mínima necesaria a recorrer por el contaminante, que es directamente proporcional al poder depurador en el trayecto horizontal e inversamente proporcional al índice de depuración correspondiente al material acuífero.

$$D = M_A / I_A$$

Donde:

- I_A Índice de depuración de la zona saturada correspondiente al material acuífero
- D Longitud atravesada de la zona saturada

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

TABLA 2: PODER DEPURADOR EN LA ZONA NO SATURADA

Tipo de material	L (m)	$I_A = 1/L$	
Grava con abundante matriz arenosa y escasamente limosa	a)	100	0,01
	b)	150	0,007
	c)	170	0,006
	d)	200	0,005
Grava fina a media, rica en arena	a)	150	0,07
	b)	200	0,005
	c)	220	0,00045
	d)	250	0,004
Grava media a gruesa con poca arena	a)	200	0,05
	b)	250	0,004
	c)	270	0,0037
	d)	300	0,0033
Gravas, guijarros	a)	300	0,0033
	b)	340	0,0029
	c)	360	0,0058
	d)	400	0,0025

TABLA 3: PODER DEPURADOR EN LA ZONA SATURADA

B. MODIFICACIÓN DE BOLSENKÖTTER PARA MEDIOS KÁRSTICOS Y/O FISURADOS

Bolsenkötter propone una **modificación del método de Rehse** empleado en medios porosos, **de manera que pueda obtenerse el poder autodepurador del suelo en medios kársticos y fisurados**. En estos medios, dicho poder depurador es menor y por ello aumentan las distancias necesarias para conseguir la depuración total. Al igual que en el método anterior, calcula unos índices nuevos en función de la velocidad, tipo y espesor de materiales (Tabla 4).

Tipo de material	H (m)	$I_a = 1/H$
Margas	10	0,05
Areniscas con capas de arcillas, arcillas, micaesquistos y filitas	20	0,025
Basaltos y rocas volcánicas	30	0,017
Grauvaca, arcosas, arenisca arcillosa, limosa	50	0,01
Granito, granodiorita, diorita sionita	70	0,007
Cuarcitas, areniscas con sílex	100	0,005
Caliza	200	0,0025

TABLA 4: PODER DEPURADOR DE LAS ROCAS BOLSENKÖTTER

C. EMPLEO DE TRAZADORES

Esta técnica se desarrolla a partir del descubrimiento de la uranina o fluoresceína por A.V. Bayer en 1871; aunque quizás el primer ensayo del que se tiene constancia se atribuye a Filipo, de quien se cita que en el año 10 d.C., identificó la cabecera del río Jordán, empleando paja como trazador.

Consiste en la inyección de una cantidad conocida de un trazador y seguir su evolución espacio-temporal mediante el muestreo y análisis sistemáticos en diversos puntos de agua. Existen numerosos trazadores, siendo los más empleados: el KCl, LiCl, la fluoresceína y la rodamina-B.



FUENTE: IGME

D. ESTUDIOS ISOTÓPICOS

Las técnicas isotópicas se emplean fundamentalmente para obtener información acerca de la procedencia de las aguas, altura de la zona de recarga, así como la existencia de intercambio isotópico con la roca almacén. En el campo de las aguas minerales, los isótopos más utilizados son el tritio, deuterio y oxígeno-18.

La **datación con tritio** se utiliza para el cálculo de la edad de las aguas subterráneas, basándose en el contenido de este isótopo. Debido al comienzo de los ensayos termonucleares en 1952, la concentración de tritio en la atmósfera aumentó considerablemente, por lo que las aguas que se infiltraron a partir de esta fecha presentan una mayor concentración del mismo. El tritio con el paso del tiempo comienza a desintegrarse, lo que permite determinar la fecha aproximada de infiltración del agua a partir de su concentración actual.

Respecto al **deuterio y oxígeno-18**, su empleo se basa en las relaciones D/H y $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ y un valor de referencia (SMOW) establecido en base al valor promedio de muestras recogidas en los océanos del hemisferio norte. Las composiciones isotópicas de oxígeno e hidrógeno se expresan en tanto por mil de su diferencia respecto al valor SMOW.

5.2.4 SELECCIÓN DE MÉTODOS A EMPLEAR

La selección del método más idóneo en la delimitación del perímetro de protección debe fundamentarse principalmente en la hidrogeología y el funcionamiento hidrodinámico del acuífero; analizando si se trata de un acuífero poroso o asimilable al mismo, o bien si se comporta como un medio kárstico o fisurado. La elección del método se basará en la facilidad de su aplicación, la complejidad de los datos requeridos, la adaptabilidad del modelo hidrogeológico regional, etc.

Casi todos los métodos descritos son aplicables en medios porosos y asimilables, no siendo así en acuíferos kársticos o fisurados en los que son aplicables: área fijada arbitrariamente, radio fijo calculado en función del descenso, método de Albinet, métodos hidrogeológicos, modelos matemáticos, poder autodepurador del terreno, trazadores y estudios isotópicos.

Además de las consideraciones de carácter técnico, deberá tenerse en cuenta el aspecto económico y la evaluación del impacto social que supondrá la implantación del mismo, por lo que es conveniente alcanzar un equilibrio entre la protección adecuada y suficiente del agua mineral y la limitación lo mínimo posible del desarrollo local, ya que el perímetro de protección lleva asociado en su naturaleza la limitación de ciertas actividades a terceros, en garantía del recurso.

5.2.5 RESTRICCIÓN DE ACTIVIDADES

Las aguas minerales son un recurso minero de la sección B) de la Ley de Minas 22/1973, de 21 de julio, y del Reglamento General para el Régimen de la Minería que la desarrolla (Real Decreto 2857/1978).

Ambas legislaciones de ámbito nacional, se hacen eco de la importancia de proteger las aguas minerales e indican que hay que:

"Delimitar el perímetro de protección que resulte adecuado para garantizar la protección suficiente del acuífero en cantidad y calidad".

Sin embargo, no recogen las actividades que deben restringirse dentro del mismo, dando por sentado que serán las necesarias para la preservación del recurso.

A nivel autonómico, es la **Comunidad Autónoma de Galicia** la única que recoge en su legislación, concretamente en el Anexo I del Decreto 402/1996, de 31 de octubre y en el Anexo I del Decreto 116/2001, de 16 de mayo (Tabla 5), las actividades que quedan prohibidas o restringidas.

Con independencia de que en la ley estatal, no se haga referencia a las **actividades o instalaciones que se restringen o prohíben** por su posible afección a las captaciones de agua mineral existentes **en el área definida por el perímetro de protección**, a continuación se detallan aquellas que, a priori, deberían estar condicionadas debido a su potencial contaminación:

- **Obras de infraestructura:**
Minas, canteras, extracción de áridos.
- **Actividades urbanas:**
Fosas sépticas, cementerios, almacenamiento, transporte y tratamiento de residuos sólidos o aguas residuales.
- **Actividades agrícolas o ganaderas:**
Depósito y distribución de fertilizantes y plaguicidas, riego con aguas residuales y granjas.
- **Actividades industriales:**
Almacenamiento, transporte y tratamiento de hidrocarburos líquidos o gaseosos, productos químicos, farmacéuticos y radiactivos, industrias alimentarias y mataderos.

Actividades relativas a residuos peligrosos

Actividades	ZME	ZMI
Producción de residuos peligrosos	Prohibido establecer nuevas instalaciones	Prohibido establecer nuevas instalaciones
Almacenamiento y estaciones de transferencia de residuos peligrosos	Prohibido	Prohibido
Eliminación, valorización y/o vertidos peligrosos	Prohibido	Prohibido

Actividades relativas a residuos urbanos municipales

Actividades	ZME	ZMI
Depósitos controlados de residuos urbanos o municipales	Prohibido	
Almacenamiento o transferencia de residuos urbanos o municipales	Prohibido	
Plantas de valorización o tratamiento de residuos urbanos o municipales	Prohibido	

Actividades relativas a residuos radiactivos

Actividades	ZME	ZMI
Almacenamiento de residuos radiactivos	Prohibido	Prohibido

Actividades relativas a vertidos superficiales

Actividades	ZME	ZMI
Vertidos superficiales según relación I de sustancias (Real Decreto 849/1986 del 11 de abril)	Prohibido	Prohibido

Actividades relativas a otros vertidos

Actividades	ZME	ZMI
Vertidos o almacenamientos profundos, mediante pozos, fosos, galerías, inyección o acumulación en estructuras subterráneas	Prohibido	

TABLA 5: RESTRICCIÓN ACTIVIDADES GALICIA AGUAS MINERO MEDICINALES Y TERMALES. FUENTE: DECRETO 402/1996 Y DECRETO 116/2001

5.2.6 VIGILANCIA Y CONTROL EN LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

La vigilancia y control en los perímetros de protección se realiza con el fin de preservar el recurso tanto desde un punto de vista cuantitativo como cualitativo.

● **En relación a la cantidad del recurso:**

En los perímetros de protección, se debe controlar el volumen explotado y el nivel del agua en el sondeo, con el fin de obtener una serie histórica que constituya la base para estudiar la eficacia real que presenta el perímetro definido. Hay que prestar especial atención a la ejecución de nuevas captaciones, para asegurar la no afección al agua mineral por variación de su caudal.

● **Respecto a la calidad:**

Debe efectuarse un control de las actividades potencialmente contaminantes en cada zona del perímetro, realizando toma y análisis químico de las aguas a diversas distancias de la actividad, así como en las trayectorias entre estas y el sondeo a proteger. Además, tienen que vigilarse los posibles cambios de actividad en la zona, diferentes a los que previamente venían realizándose y que pudieran ser fuente de una posible contaminación. Se efectuarán periódicamente tomas de muestras de agua en el propio sondeo para su análisis, con el fin de comprobar que se mantienen las características naturales de pureza que dieron lugar a su declaración.

La periodicidad y tipo de análisis dependerá del tipo de actividades en la zona y uso de la captación.

El riesgo de cambios cuantitativos o cualitativos, con frecuencia avalado por un mayor conocimiento científico-técnico de la zona, abre la posibilidad de pedir una modificación del perímetro otorgado, a fin de salvaguardar el recurso.

Por último, las plantas de envasado dispondrán además de un **plan de emergencia**, que incluya un sistema de detección y lucha contra la contaminación, así como un **plan de intervención** inmediato para detener el bombeo y si es posible activar un bombeo alternativo.

La protección y vigilancia del recurso hidromineral, recae tanto en la autoridad minera como en los propios titulares, según se establece en la Ley de Minas y el Reglamento General para el Régimen de la Minería que la regula.

De hecho, en este sentido, **las Delegaciones de Minas en cumplimiento de sus competencias deben:**

- **Fijar** el perímetro que resulte adecuado para garantizar la protección suficiente del acuífero en cantidad y calidad.
- **Establecer** la clase y utilización de las aguas objeto de la autorización y el caudal máximo a explotar y, en su caso, las condiciones de regulación del mismo.
- **Dar la autorización** a cualquier trabajo subterráneo que se realice dentro del perímetro de protección.
- **Impedir** que se realicen dentro del perímetro de protección fijado, trabajos o actividades que puedan perjudicar al acuífero o a su normal aprovechamiento.
- **Modificar o ampliar** el aprovechamiento.
- **Resolver** sobre la compatibilidad o incompatibilidad del aprovechamiento de otros recursos distintos dentro del perímetro de protección.

Los **titulares de los aprovechamientos** a su vez **tienen una serie de derechos y obligaciones** entre los que cabría destacar:

- El **derecho** a impedir que se realicen actividades que puedan perjudicar al acuífero.
- **Tener concedido** el perímetro de protección para la puesta en explotación.
- La **obligación** de proteger el acuífero y a utilizarlo en las condiciones fijadas en la concesión.
- **Solicitar permisos** ante la autoridad minera competente para la realización de trabajos subterráneos dentro del perímetro de protección.
- **Solicitar las modificaciones** o ampliaciones del aprovechamiento.

5.3 EJECUCIÓN Y EXPLOTACIÓN ADECUADA DE LA CAPTACIÓN DE AGUA MINERAL

Las aguas minerales son un recurso subterráneo que pueden extraerse mediante la realización de captaciones, generalmente sondeos, o de forma natural a través de surgencias puntuales o difusas.

La ejecución de un sondeo, precisa de la selección del sistema de perforación acorde con las litologías de los terrenos que se prevén atravesar, para conseguir alcanzar la profundidad necesaria y/o que no se produzca la colmatación del mismo.

El sondeo debe revestirse con materiales inocuos (polietileno, acero inoxidable, PVC especial, etc.), **para evitar en el futuro posibles alteraciones en la composición físico-química del agua**, que dieran lugar a la pérdida de la declaración como agua mineral.

Además, se deben de cementar y sellar aquellos tramos de acuíferos que tengan distinta composición físico-química, con indicios de contaminación, o que sean vulnerables a la misma. Es primordial un perfecto cierre de la obra, con el fin de evitar la entrada de aguas de escorrentía, o cualquier vertido que pudiera realizarse.

Al finalizar el sondeo, **es necesario realizar un ensayo de bombeo que indique el caudal óptimo a extraer**; ya que un exceso de bombeo podría crear un cono de depresión que induciría agua de otros acuíferos, o incluso de otros cuerpos de aguas superficiales como un río, un pantano o del mar, si estos estuvieran próximos a la misma, con la consiguiente degradación de la calidad del agua.

Cuando se trata de surgencias naturales puntuales hay que sanear la zona mediante un revestimiento de hormigón o similar. En el caso de descargas difusas y difíciles de captar o de que la captación presentase problemas de protección, puede resultar muy eficaz captar el agua mediante sondeos mecánicos, que presentan además la ventaja de permitir la regulación del caudal y adaptar el recurso disponible a la demanda.

5.4 UBICACIÓN DE LAS PLANTAS DE ENVASADO

A la hora de diseñar y ubicar una planta de envasado hay que tener en cuenta la información relativa a la cartografía geológica (por la disposición de materiales en superficie), la descripción de las litologías (por las características mecánicas e hidrodinámicas) y el esquema de flujo en la zona de descarga o captación.

Además, habrá que considerar los siguientes factores:

- Las instalaciones deben situarse, en la medida de lo posible, aguas abajo del manantial o captación. De esta forma se evitan los riesgos de contaminación producidos por cualquier fuga en las tuberías de las aguas fecales, pluviales o de conducción de combustible de la planta de envasado (Figura 18).
- La litología de los terrenos, así como la existencia de acuíferos superficiales, condicionan las excavaciones que se realicen para efectuar las cimentaciones, siendo necesario un estudio geotécnico.
- Las construcciones o instalaciones lúdicas, aunque próximas a la captación, no deben incluir la zona de protección inmediata, es decir la zona de restricciones absolutas, en la que no debería estar permitido realizar ninguna actividad que no sea la exclusiva de captación del agua.

En cuanto al tamaño de las instalaciones y edificios, estos deben dimensionarse en función de los recursos de agua disponibles, cuya evaluación es una parte capital del estudio hidrogeológico:

- En el caso de que se aproveche una descarga natural (manantial), la cuantía del recurso debe estimarse teniendo en cuenta la variabilidad estacional del régimen de descarga, los historiales de medidas directas de caudal disponibles y los cálculos de la recarga por infiltración de lluvia.
- Si el recurso está captado mediante un pozo o un sondeo, debe realizarse una prueba de bombeo con la duración y las características operativas precisas, para que de su interpretación se derive la información sobre el caudal que permite una explotación sostenible del recurso captado.

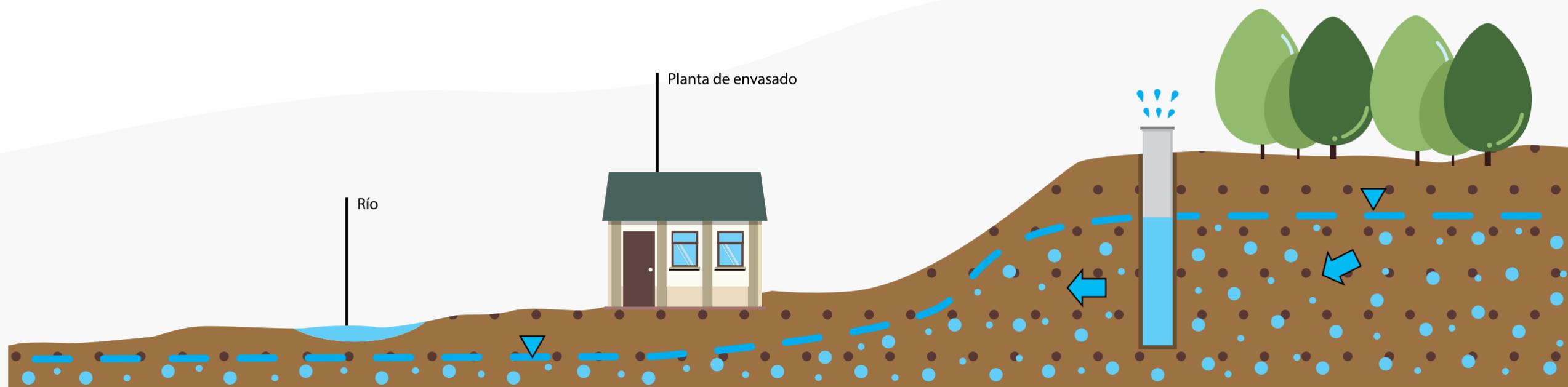


FIGURA 18. UBICACIÓN ÓPTIMA DE UNA PLANTA DE ENVASADO. FUENTE: IGME

5.5 OTRAS FIGURAS DE PROTECCIÓN QUE CONTRIBUYEN A LA SALVAGUARDA DE LAS AGUAS MINERALES

En España existe una amplia superficie de nuestro territorio que goza de alguna figura de protección medioambiental. Esta protección supone un valor añadido en la seguridad de estas aguas en la medida que restringe la realización de algunas actividades.

Los acuerdos adoptados en la Cumbre de Río de Janeiro fueron traspuestos a nivel europeo con la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la Flora y Fauna Silvestres y en el Plan de Acción para las Áreas Protegidas, que no tardaron en materializarse en España de acuerdo a la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.

Dado que la mayoría de las comunidades autónomas han desarrollado una legislación propia sobre espacios protegidos, en la actualidad existen más de 40 denominaciones distintas para designar dichos espacios.

La Red Natura 2000 es una red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad, compuesta por los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), entre otros.

La contribución española a la Red Natura 2000 es muy relevante. Según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) la Red en España está formada por 1.448 LIC, incluidos en las listas de LIC aprobadas por la Comisión Europea, y por 598 ZEPA.

En conjunto, abarca una superficie de más de 147.000 km², lo que representa aproximadamente un 29% del territorio español. De esta superficie, unos 137.000 km² corresponden a superficie terrestre, y unos 10.000 km², a superficie marina.

En la tabla 6 se muestran las aguas minerales envasadas incluidas en dichos espacios ZEPA por comunidades autónomas.

Comunidad Autónoma	Aguas minerales envasadas en LIC y ZEPA
Andalucía	3
Aragón	5
Islas Baleares	2
Canarias	2
Castilla-La Mancha	4
Castilla y León	4
Cataluña	9
Comunidad Valenciana	4
Extremadura	2
Región de Murcia	1
La Rioja	1
Total	37

TABLA 6: DISTRIBUCIÓN DE MARCAS DE AGUAS MINERALES ENVASADAS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS EN LIC Y ZEPA. FUENTE: IGME

En el mapa (Figura 19) se ha representado la distribución espacial, sobre el territorio nacional, de 144 marcas de aguas minerales de bebida envasadas (fuente, IGME 2016); junto a la cobertura espacial de LIC y de las ZEPA.

Tras su análisis se observa que **existen un total de 37 marcas de aguas minerales envasadas ubicadas en zonas LIC y ZEPA**. Esto supone que un 25% de las mismas se encuentran en zonas de alto valor ecológico, lo cual les aporta un alto valor añadido, aunque a su vez les requiere condiciones de máxima armonía y respeto hacia el entorno para garantizar su sostenibilidad.



FIGURA 19: DISTRIBUCIÓN DE MARCAS DE AGUAS MINERALES ENVASADAS EN ZONAS LIC Y ZEPA. FUENTE: IGME

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS

6

La protección natural de las aguas minerales, en especial aquellas que se corresponden con acuíferos profundos, constituye uno de los dos aspectos en los que se asienta la seguridad y calidad del agua mineral envasada. El segundo aspecto, tan importante como el primero, se basa en todas las actuaciones humanas encaminadas a garantizar dicha calidad y seguridad alimentaria.

Estas actuaciones están previstas en su legislación específica, pero las propias plantas de envasado van mucho más allá estableciendo sus propios procedimientos de autoevaluación, en muchas ocasiones más estrictos que los exigidos legislativamente.

La Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasadas (ANEABE) colabora en la importante tarea de autoevaluación con las plantas envasadoras de agua mediante la elaboración de guías de referencia, las cuales proporcionan criterios de calidad y seguridad a través de directrices de buenas prácticas destacando, entre otras, la publicación de la **“Guía de buenas prácticas de higiene en las industrias de aguas de bebida envasadas”** y la **“Guía de autocontrol de calidad de las captaciones para agua de bebida envasada”**.

Cada empresa envasadora es responsable del cumplimiento de la legislación vigente en materia de seguridad e higiene, así como de la implementación de su propio **Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC)** y aseguramiento de la trazabilidad del producto, de acuerdo con sus propias características.

Toda empresa envasadora de agua siempre debe tener en cuenta una serie de aspectos fundamentales relacionados con la gestión del agua mineral en el acuífero, de la captación y su entorno, de la planta de envasado y los riesgos asociados a la misma. Asimismo, las empresas del sector consideran básico para su desempeño la relación de la planta con el medio ambiente. Merece la pena detenerse a valorar algunos de estos aspectos por separado.

6.1 BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE EN LA INDUSTRIA DE AGUA ENVASADA

Son casi una decena de normas, tanto a nivel de la Unión Europea como de España, las que regulan con detalle las condiciones de higiene que deben regir en una planta de envasado de agua mineral. Esto no es algo sorprendente dado que el agua es un producto alimenticio, por lo que una correcta higiene en todo el proceso de envasado es primordial para garantizar su seguridad y calidad.

La higiene es una prioridad en toda la línea de envasado, desde la captación hasta la distribución del agua ya envasada a sus diversos destinos.

Una correcta higiene se consigue prestando atención a diversas cuestiones que abarcan desde elegir correctamente el emplazamiento de la planta hasta un correcto transporte. Sin ánimo de hacer un listado exhaustivo a continuación se repararán los aspectos más importantes.

La planta de envasado tiene que tener una ubicación idónea, estando exenta de olores, humo, polvo, y otros posibles contaminantes; sin posibilidad de sufrir inundaciones.

El propio diseño y construcción de la planta debe facilitar el adecuado mantenimiento, reparación, limpieza y desinfección; evitar o minimizar la contaminación transmitida por el aire; proporcionar espacios de trabajo con la suficiente amplitud para garantizar la seguridad y comodidad de los operarios; proteger contra la acumulación de suciedad y la formación de condensación o de moho en superficies mediante una ventilación adecuada; evitar la contaminación cruzada y facilitar la separación entre productos, materiales y personal. Un ejemplo de esta separación es que las oficinas y locales donde permanezca el personal deben de estar separadas de las zonas de llenado y no deben tener acceso directo a estas.

El detalle de los edificios es también importante para garantizar la higiene, de manera que los suelos, paredes, techos, ventanas, puertas y superficies deben ser fáciles de limpiar y estén contruidos con materiales resistentes a los sistemas de limpieza. Las escaleras, plataformas, rampas y demás estructuras deben situarse y construirse de modo que no sean causa de contaminación ni supongan riesgos para los trabajadores.

En las salas de envasado todas las estructuras y accesorios elevados deberán instalarse de forma que se evite la contaminación directa o indirecta entre las líneas de llenado y los envases, por condensación y goteo, y que no obstaculicen las labores de limpieza.

Todo el sistema de conducciones, maquinaria de llenado y en general cualquier elemento que esté en contacto directo con el agua mineral constituye una parte fundamental para garantizar la seguridad y calidad de la misma.

Al igual que sucede con la propia captación, los materiales deben ser impermeables e inoxidables y facilitar su limpieza, mantenimiento y desinfección periódicas, siendo el acero inoxidable el material más frecuente. A este fin, los materiales deben estar diseñados para poder ser extraídos y desmontados con facilidad. Al estar en contacto con el agua sobre el sistema de conducciones se debe establecer una atención excepcional sobre el mismo, lo que se consigue poniendo en práctica un sistema de mantenimiento preventivo de alto nivel, que, entre otras cosas, incluya una rápida reparación o sustitución de cualquier elemento deteriorado.

Un punto crítico en toda planta de envasado es la sala de llenado. Esta zona debe estar especialmente protegida del resto de las instalaciones para evitar cualquier posible contaminación. Este objetivo se consigue con la ayuda de ciertos elementos como: puertas con cierre automático, equipos de llenado protegidos con una cabina de sobrepresión con aire filtrado y/o esterilizado (que evita que el aire del exterior penetre en el interior), lavabo de limpieza de manos para el personal, equipo de desinfección de zapatos, etc.

En cualquier caso, hoy en día los sistemas de llenado están muy automatizados, limitándose la intervención directa de operarios al mínimo imprescindible. Obviamente la limpieza, mantenimiento y desinfección de esta sala son esenciales para asegurar la higiene.

Por otra parte, las plantas envasadoras cuentan con sistemas eficaces para la retirada y gestión de los escasos residuos que se generan (envases defectuosos, tapones, restos de etiquetas, cartones, embalajes, etc.).

El almacenamiento es otro factor al que debe prestarse atención, tanto de los materiales recibidos como del producto final. Los principales materiales existentes en una planta son las preformas (envases de plástico que en la propia planta son "soplados" hasta convertirse en botellas), tapones, films, palets, etc. Todos ellos deben ser almacenados cumpliendo determinadas pautas, como apilarse de modo que se protejan las capas inferiores y que se facilite la limpieza y desinfección, o evitar en todo momento el contacto directo con el suelo.

Una vez que el agua mineral ya está envasada, debe preservarse en un lugar fresco, limpio, seco, protegido de luz, ventilaciones, polvo, condensación y olores.

El agua envasada nunca debe estar almacenada en el exterior ni en contacto con productos de limpieza, desinfectantes u otros elementos que puedan generar olores agresivos. Durante esta etapa, el agua mineral debe ser periódicamente inspeccionada para asegurar la máxima calidad del producto.

El control de higiene debe continuar durante el transporte de las botellas hasta los centros de venta. Gran parte de lo hasta ahora mencionado debe también aplicarse a los medios de transporte (generalmente camiones) del agua mineral que deben mantenerse limpios, sin olores, protegiendo el producto de la contaminación, y estar diseñados para facilitar la limpieza e inspección. Es imprescindible evitar que el agua envasada se transporte junto a otros productos que desprendan olores que puedan alterar su calidad.

A modo de orientación y complementariamente a lo descrito anteriormente, se recomienda la lectura detallada de la **Guía de Buenas Prácticas de Higiene en las Industrias de Aguas de Bebida Envasadas**, que recopila y detalla todos los requisitos aplicables y que cuenta con la revisión y aprobación de la Agencia Española de Consumo y Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN), además del visto bueno del Consejo de Consumidores y Usuarios:

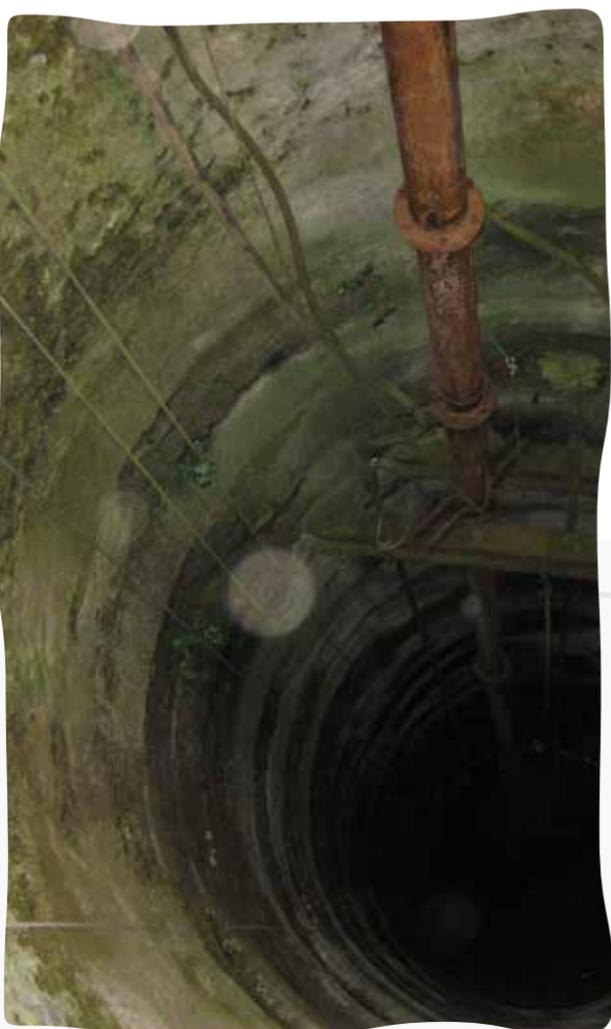
Acceso a la Guía de Buenas Prácticas de Higiene en las Industrias de Aguas de Bebida Envasadas en:

<http://www.aneabe.com/wp-content/uploads/2014/11/Gu%C3%ADa-Buenas-Pr%C3%A1cticas-ANEABE.pdf>.



6.2 ACUÍFERO: CAPTACIÓN Y SU ENTORNO

La cantidad de agua que es posible extraer de modo sostenible garantiza que en ningún caso se llegue a sobreexplotar el acuífero, para lo cual es importante obtener información en base a:



FUENTE: IGME

- **Medición continua o periódica del nivel piezométrico** de la captación (profundidad a la que se encuentra el agua).

- **Piezómetros de control**, sondeos de pequeño diámetro de los cuales no se extrae agua, para medir el nivel del agua en puntos más o menos alejados de la captación y así comprobar la posible variación en el acuífero.

- **Realización periódica de ensayos de bombeo** para observar los descensos del nivel del agua en el sondeo y piezómetros cercanos en función del tiempo y del caudal, con el fin de determinar, entre otros datos, el caudal óptimo de explotación. Un ensayo de bombeo es una extracción de agua durante un periodo de tiempo determinado (por lo general de 24 a 72 horas).

- **Registro de los datos meteorológicos** (precipitaciones, temperatura ambiental, etc.) y actualización del balance hídrico (relación entre las entradas y salidas de agua en el acuífero).

- Actualización del **cálculo de reservas** hídricas.

- **Registro de cualquier otra captación dentro del perímetro de protección**, tanto pertenecientes a la planta como a otros titulares. Además, es muy útil que este registro incluya las analíticas físico-químicas y microbiológicas de dichas captaciones.

- **Certificaciones de calidad** obtenida de un organismo externo.

- **Tratamiento digital de todos los datos analíticos** mediante una herramienta informática adecuada.

La captación y su entorno inmediato siempre quedan incluidos en la zona de restricciones absolutas del perímetro de protección, en la que solo se permite el acceso al personal cualificado para realizar los trabajos necesarios para el mantenimiento de la captación. Con frecuencia la captación está protegida por una caseta o arqueta, que la aísla de toda persona no autorizada y que además protege a la captación de cualquier vertido accidental.

La propia captación debe estar construida con materiales de construcción autorizados para uso alimentario, dado que es el primer elemento con el que entra en contacto el agua una vez extraída del acuífero. Estos materiales deben ser tanto inertes como impermeables.

A menudo la captación está equipada con un sistema de análisis en tiempo real de algunos de los principales parámetros físico-químicos del agua, como son la conductividad, temperatura y pH, que tienen como fin identificar cualquier posible alteración de la calidad del agua en el mismo instante en que el agua llega a la misma.



FUENTE: IGME

Otros elementos que deben estar presentes en el entorno inmediato de la captación son: tubería de desagüe, circuito de limpieza y desinfección, medidor de caudal, medidor de presión, sistema de ventilación, etc.

Por lo general, la distancia entre la captación y la planta de envasado es escasa. En cualquier caso, la conducción existente entre la misma y el comienzo de la línea de envasado debe cumplir ciertos requisitos; al igual que ocurre con la propia captación, el material de la conducción debe estar autorizado para uso alimentario, ser inerte e impermeable. La conducción debe estar señalizada y su trazado reflejado en un plano, incluyendo arquetas y otros elementos de la misma.

Al margen de los elementos físicos debe existir una correcta gestión de la captación y su entorno inmediato, que al menos debe incluir medidas de protección higiénico-sanitario, un programa de mantenimiento, un programa de limpieza y desinfección, un sistema de seguridad que incluya alarmas contra intrusos, junto con un programa de controles y simulacros periódicos de intrusión y de alteración de la calidad del agua.

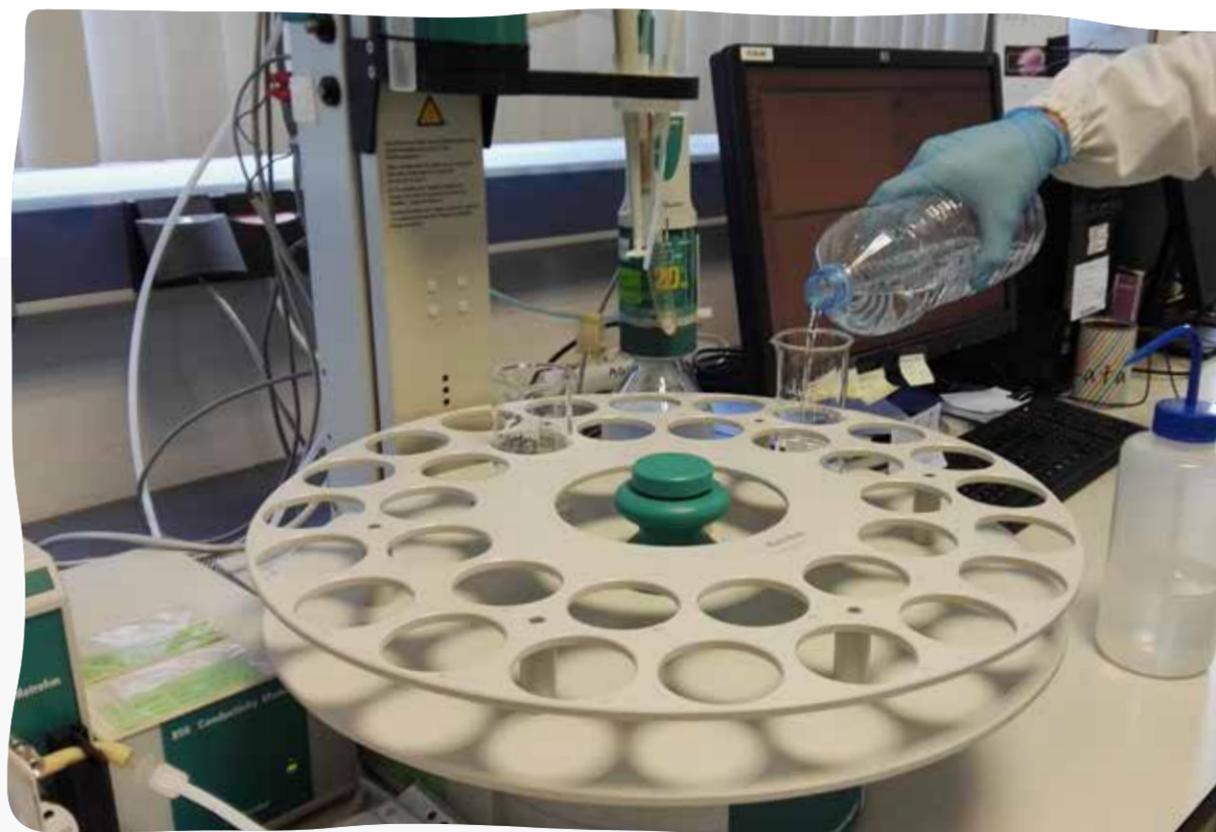
Para evitar cualquier alteración de la calidad y seguridad de las aguas minerales es necesario anticiparse a cualquier riesgo, evaluando los mismos a fin de minimizarlos.

Un aspecto de vital importancia en la gestión de riesgos de una planta de agua mineral envasada es el inventario de focos potencialmente contaminantes en el perímetro de protección. Dentro del mismo, se restringen aquellas actividades que puedan producir un efecto negativo en la seguridad, calidad y cantidad del agua mineral.

No obstante, es frecuente que en el perímetro convivan actividades humanas e infraestructuras previas o no a la otorgación del mismo que deben ser vigiladas para que no supongan un riesgo para el recurso mineral, aunque ya de entrada este sea muy improbable. Algunas de las actividades humanas e infraestructuras más frecuentes son: carreteras y caminos de tierra, agricultura, ganadería, gasolineras, cementerios, fosas sépticas, etc.

El inventario de focos potenciales de contaminación, en combinación con un conocimiento profundo de la geología e hidrogeología del entorno, son el punto de partida para realizar un estudio de vulnerabilidad del recurso, en el que se contrastan los posibles riesgos existentes con la protección natural del acuífero y las medidas de prevención, proporcionando una visión del grado de protección del que goza el agua mineral.

Como referencia en la materia, la Cátedra-Empresa de Aguas Envasadas Termales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas (Universidad Politécnica de Madrid) y ANEABE publicaron la **“Guía de Autocontrol de Calidad en las Captaciones para Agua de Bebida Envasada”**. En la misma, se desarrolló una metodología de autoevaluación de los diferentes aspectos a considerar en el protocolo de control (situación administrativa, captación y sistema hidrogeológico, protección, gestión y calidad del recurso, evaluación de riesgos, medio ambiente y estructura organizativa).



6.3 CONTROLES DE LAS AGUAS MINERALES

Las plantas de envasado realizan sistemáticamente análisis periódicos de la composición físico-química y microbiológica del agua, no solo en el producto acabado, sino de la captación y durante todo el proceso de envasado siguiendo protocolos de control, con el fin de proteger la pureza del agua y mantener inalterables todas sus propiedades y características naturales.

6.4 TRAZABILIDAD

El concepto de trazabilidad consiste en el conjunto de procedimientos que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado.

En el caso del agua mineral de bebida envasada, al tratarse de un producto alimenticio, una adecuada trazabilidad es una herramienta indispensable para garantizar la seguridad y calidad del agua. Controlando el origen de cada producto terminado y de los materiales que la componen, es posible identificar el punto de partida de cualquier incidencia (la captación, los materiales del envase, el transporte, el almacenamiento, etc.), y actuar en consecuencia, retirando rápidamente del mercado cualquier lote en el que se detecte el problema.

La trazabilidad de la planta envasadora comienza en los materiales de entrada que se utilizan en el envasado: envases, tapones, etiquetas, etc., así como en la misma extracción del agua mineral. Esto es lo que se conoce como **trazabilidad "hacia atrás"**. Una adecuada trazabilidad hacia atrás debe basarse en un protocolo que contemple una correcta identificación de los lotes de materiales, facilitando su revisión, con el fin de garantizar que se ajustan a las especificaciones de la planta de envasado.

La trazabilidad que incluye todo el proceso de envasado, desde la recepción de las materias primas hasta la expedición del producto acabado, es decir, todos los procesos que se producen en el interior de la planta, se denomina **trazabilidad "interna"**. Para mantener este control es esencial dotar de un lote del producto a cada lote de producción. En la propia planta se retendrán algunas muestras de cada lote con el fin de poder ser analizadas según corresponda.

Todos los procedimientos contemplados una vez que el agua mineral ya envasada abandona la planta hasta ser comprada por el consumidor final, constituyen la **trazabilidad "hacia adelante"**.

6.5 RELACIÓN DE LA PLANTA DE ENVASADO CON EL MEDIO AMBIENTE

Las plantas de envasado por lo general se encuentran en zonas no urbanas, zonas que con frecuencia gozan de un valor medioambiental y paisajístico que puede llegar a ser muy alto. Este hecho podría ser problemático si se tratara de otro tipo de industria, pero no en este caso, debido al escaso impacto ambiental que genera esta actividad, motivo por el cual es una de las pocas permitidas en espacios que gozan de alguna figura de protección del medio. De hecho, la presencia de una planta de envasado da lugar a un aumento de la protección legal en su entorno, debido al establecimiento del perímetro de protección.

En cualquier caso, **el respeto al medio ambiente es una política prioritaria en la gestión de las plantas de envasado**, que cuentan con diversos instrumentos para garantizar la protección de su entorno natural, entre los que cabe destacar:

- Informe o estudio de impacto ambiental.
- Inventario ambiental del entorno: especies protegidas, árboles centenarios, endemismos, etc.
- Plan de contingencia ante cualquier posible daño al medio ambiente: vertidos, incendios, etc.
- Plan de conservación del entorno para la zona en la que se ubica la captación y su conducción.
- Certificado de protección medioambiental, como el ISO 14001 o el reglamento EMAS.



CONSERVACIÓN DEL ENTORNO NATURAL DE LAS PLANTAS DE ENVASADO.
FUENTE: ANEABE

EL IGME Y LAS AGUAS MINERALES DE BEBIDA ENVASADAS

7

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME), a través del Servicio de Aguas Minerales y Termales, perteneciente al Departamento de Investigación en Recursos Geológicos, constituye un lugar de referencia en materia de aguas minerales y termales.

El objetivo fundamental del **Servicio de Aguas Minerales y Termales del IGME** es contribuir al conocimiento y protección de las aguas minerales a través de la investigación.

Esta labor incluye el asesoramiento a las administraciones públicas, la difusión del conocimiento a la sociedad en general y la promoción y desarrollo del sector económico que aprovecha estas aguas.

Desde la creación del IGME en el siglo XIX hasta la actualidad, han sido numerosos los proyectos, informes y publicaciones realizados en relación a las aguas minerales y termales. Como consecuencia de esta labor, se ha generado una gran cantidad de documentos internos, custodiados en archivos creados en las dependencias del IGME para tal fin.

Gran parte de esta información científico-técnica se ha incorporado a una base de datos codificada y/o digitalizado de modo continuo, con el fin de ser gestionada mediante una herramienta multifuncional denominada **Sistema de Información de Aguas Minerales (SIAM)**.

Además, el Instituto Geológico y Minero de España, según se establece en la Ley de Minas 22/1973, y en el Reglamento General para el Régimen de la Minería (Real Decreto 2857/1978) que la desarrolla, tiene atribuida competencias en la declaración y aprovechamiento de estos recursos de la sección B) de la Ley de Minas: las aguas minerales y termales.

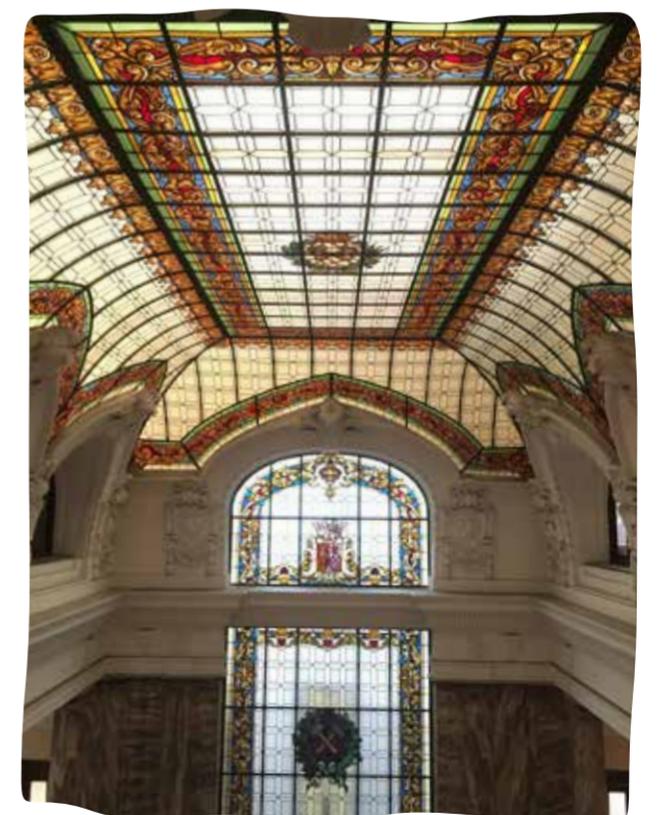
Por tanto, para todo el procedimiento de solicitud de declaración y/o autorización de aprovechamiento del agua mineral natural o de manantial se seguirán los requisitos establecidos en la Ley de Minas y su Reglamento, así como los establecidos en el Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre.

De acuerdo con la normativa vigente, las aguas que actualmente se envasan para consumo humano son las aguas minerales naturales, las aguas de manantial, las aguas preparadas y las aguas de consumo público envasadas. La regularización del proceso de explotación y comercialización de las dos primeras, aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para el consumo humano, se establecen en el Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre.

Este Real Decreto deroga al anterior Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre y modifica el art. 38.1 del Reglamento General para el Régimen de la Minería aprobado por el Real Decreto 2857/1978, que incluye la clasificación de las aguas minero-medicinales en función de su uso o destino en tres tipos: aguas minero-medicinales con fines terapéuticos, aguas minerales naturales y aguas de manantial.



FACHADA DE LA SEDE CENTRAL DEL IGME. FUENTE: IGME



CRISTALERAS INTERIORES DEL IGME. FUENTE: IGME

7.1 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS DE LAS AGUAS MINERALES

La regulación de las aguas minerales en la legislación española puede sintetizarse, en cuanto a aprovechamiento y protección de este recurso natural, en dos puntos principales:

- En primer lugar; previamente a la explotación del recurso, es preciso un **reconocimiento oficial –o declaración– de la condición de mineral del agua a aprovechar.**

- En segundo lugar; es necesario obtener una licencia administrativa –**autorización o concesión– para el aprovechamiento**, que contendrá, entre otros, el estudio hidrogeológico para la implementación de un perímetro de protección necesario para la preservación cuantitativa y cualitativa del recurso.



FUENTE: IGME

7.2 DECLARACIÓN DE AGUA MINERAL NATURAL O DE MANANTIAL

En términos generales, el procedimiento para la declaración de la condición mineral de un agua, está descrito en los artículos 24 y 25 de la Ley de Minas y en el artículo 39 del Reglamento General para el Régimen de la Minería.

La declaración de la condición mineral es un requisito previo para la solicitud de autorización de aprovechamiento, pudiendo solicitarse de oficio o a solicitud de un petionario.

DECLARACIÓN DE AGUA MINERAL NATURAL

- El procedimiento se inicia tras la presentación de la solicitud de declaración ante la autoridad minera competente de la comunidad autónoma donde esté ubicada la captación.

- Dichas solicitudes deberán ir acompañadas de la siguiente documentación: situación exacta de la captación en coordenadas UTM con indicación de su altitud, sobre un mapa de escala no superior a 1/1.000; y estudio hidrogeológico que acredite suficientemente la procedencia de las aguas y la protección natural del acuífero frente a la contaminación, tal y como se indica en el Real Decreto 1798/2010, en la letra a) del apartado 2 del Anexo II.

- Su inicio debe publicarse en el Boletín Oficial del Estado y en el Boletín Oficial de la comunidad autónoma correspondiente, indicando si el expediente se ha realizado de oficio o a instancia de parte interesada, su situación, las características del acuífero o manantial y cuantos datos se consideren necesarios para su exacta determinación; a fin de que otros interesados puedan alegar, en plazo, la defensa de sus intereses. Si el expediente se inicia a instancia de parte, deberán publicarse, asimismo, los datos personales del solicitante.

- La iniciación del expediente deberá notificarse, además, al propietario de las aguas alumbradas por cualquiera de las formas previstas en el artículo 80 de la ley de Procedimiento Administrativo, a fin de que pueda personarse en el expediente en el plazo que se determina. Así como al propietario del terreno, si no coincide con el solicitante.

● Una vez presentada la solicitud de declaración, la Delegación Provincial de Minas notificará a las partes interesadas la fecha en la que se procederá a la toma de muestras por parte de un funcionario de la comunidad autónoma donde está ubicada la captación, cuyo cargo se trasladará al peticionario. Dicha toma de muestras, se realizará durante doce meses consecutivos realizándose un análisis completo físico-químico y microbiológico.

Al menos una de las doce muestras, se dividirá en tres partes, que serán lacradas y selladas, entregándose una al solicitante; otra se depositará en la Delegación Provincial de Minas y la tercera se remitirá al Instituto Geológico y Minero de España para su análisis.

En el supuesto de que el propietario de las aguas fuese distinto del solicitante de la declaración, la muestra será dividida en cuatro partes, entregándose una de ellas al citado propietario. Se levantará acta de las operaciones realizadas, que firmarán todos los presentes y que, en unión del expediente y con el informe de la Delegación Provincial, se elevará a la Dirección General de Minas.

El análisis de laboratorio realizado comprenderá, como mínimo: todas las determinaciones microbiológicas previstas en el Real Decreto 1798/2010, los componentes mayoritarios (cationes y aniones), y aquellos componentes que caractericen a dicha agua, así como la concentración de nitritos, nitratos, pH y conductividad eléctrica.

Normas aplicables a los análisis microbiológicos:

- Ausencia de parásitos y de microorganismos patógenos.
- Recuento total de microorganismos revivificables indicativos de contaminación fecal: ausencia de Escherichia coli y otros coliformes en 250 mililitros a 37 y 44,5 °C; ausencia de estreptococos fecales en 250 mililitros; ausencia de anaerobios sulfito reductores esporulados en 50 mililitros y ausencia de pseudomonas aeruginosa en 250 mililitros.
- Recuento total de microorganismos revivificables por mililitro de agua incubados entre 20 y 22 °C durante setenta y dos horas en placa de agar e incubados a 37 °C durante veinticuatro horas en placa de agar.

Los recuentos deberán efectuarse en las doce horas siguientes al envasado; durante este tiempo, el agua deberá mantenerse a una temperatura entre 4 y 1 °C.

Además, se incluirán los parámetros físico-químicos indicados en la parte B del apartado 1 del anexo IV de dicho Real Decreto (Tabla 7).

Parámetro	Valor paramétrico	Unidad	Notas
Antimonio	5,0	µg/l	
Arsénico total	10	µg/l	
Bario	1,0	mg/l	
Benceno	1,0	µg/l	
Benzo(a)pireno	0,010	µg/l	
Cadmio	3,0	µg/l	
Cromo	50	µg/l	
Cobre	1,0	mg/l	
Cianuro	70	µg/l	
Fluoruro	5,0	mg/l	
Plomo	10	µg/l	
Manganeso	0,5	mg/l	
Mercurio	1,0	µg/l	
Níquel	20	µg/l	
Nitrato	50	mg/l	
Nitrito	0,1	mg/l	
Selenio	10	µg/l	
Plaguicidas	0,10	µg/l	Nota 1 y 2
Total plaguicidas	0,50	µg/l	Nota 1 y 3
Hidrocarburos Policíclicos aromáticos	0,10	µg/l	Nota 4

Nota 1: Por «plaguicidas» se entiende: Insecticidas orgánicos, herbicidas orgánicos, fungicidas orgánicos, nematocidas orgánicos, acaricidas orgánicos, algicidas orgánicos, rodenticidas orgánicos, molusquicidas orgánicos, productos relacionados (entre otros, reguladores de crecimiento) y sus pertinentes metabolitos y productos de degradación y reacción. Solo es preciso controlar aquellos plaguicidas que sea probable que estén presentes en un suministro dado.

Nota 2: El valor paramétrico se aplica a cada uno de los plaguicidas. En el caso de aldrin, dieldrin, heptacloro y heptacloroepóxido, el valor paramétrico es de 0,030 µg/l.

Nota 3: Por «total plaguicidas» se entiende la suma de todos los plaguicidas detectados y cuantificados en el procedimiento de control.

Nota 4: Suma de concentraciones de compuestos especificados. Los compuestos especificados son: Benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(ghi)perileno e indeno(1,2,3-cd)pireno.

TABLA 7: PARTE B APARTADO 1. ANEXO IV. FUENTE: REAL DECRETO 1798/2010

Asimismo, también se presentarán en su caso los estudios basados en los análisis clínicos y farmacológicos, según lo establecido en la letra e) del apartado 1.2 del anexo II del Real Decreto 1798/2010, que dice:

- Los análisis se efectuarán con métodos científicamente reconocidos y deberán adaptarse a las características propias del agua mineral natural y a sus efectos en el organismo humano (diuresis, funciones gastrointestinales, compensación de carencia de sustancias minerales, etc.).
- La comprobación de la constancia y de la concordancia en gran número de observaciones clínicas podrá sustituir, en su caso, a los análisis a los que hace referencia el punto anterior. Estos mismos análisis podrán ser sustituidos por exámenes clínicos cuando la constancia y la concordancia de un gran número de observaciones permitan obtener los mismos resultados.

Al tratarse de un agua mineromedicinal, previamente a la propuesta se remitirán las actuaciones al Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (o equivalente), para que emita informe que será vinculante. Por ello se realizará una toma de muestra por parte del personal técnico de sanidad para su posterior análisis.

A la vista de las actuaciones realizadas y de los análisis obtenidos, la Dirección General de Minas, tras recabar los informes correspondientes al Instituto Geológico y Minero de España y el de Sanidad, formulará propuesta que elevará al Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (o equivalente) para su resolución. Dicha resolución ministerial se notificará a los interesados y se publicará en el Boletín Oficial del Estado y en el de la comunidad autónoma correspondiente (Figura 20).

Una vez publicada la declaración del agua mineral natural o de manantial, se puede proceder a la solicitud de autorización de aprovechamiento del manantial o captación subterránea.

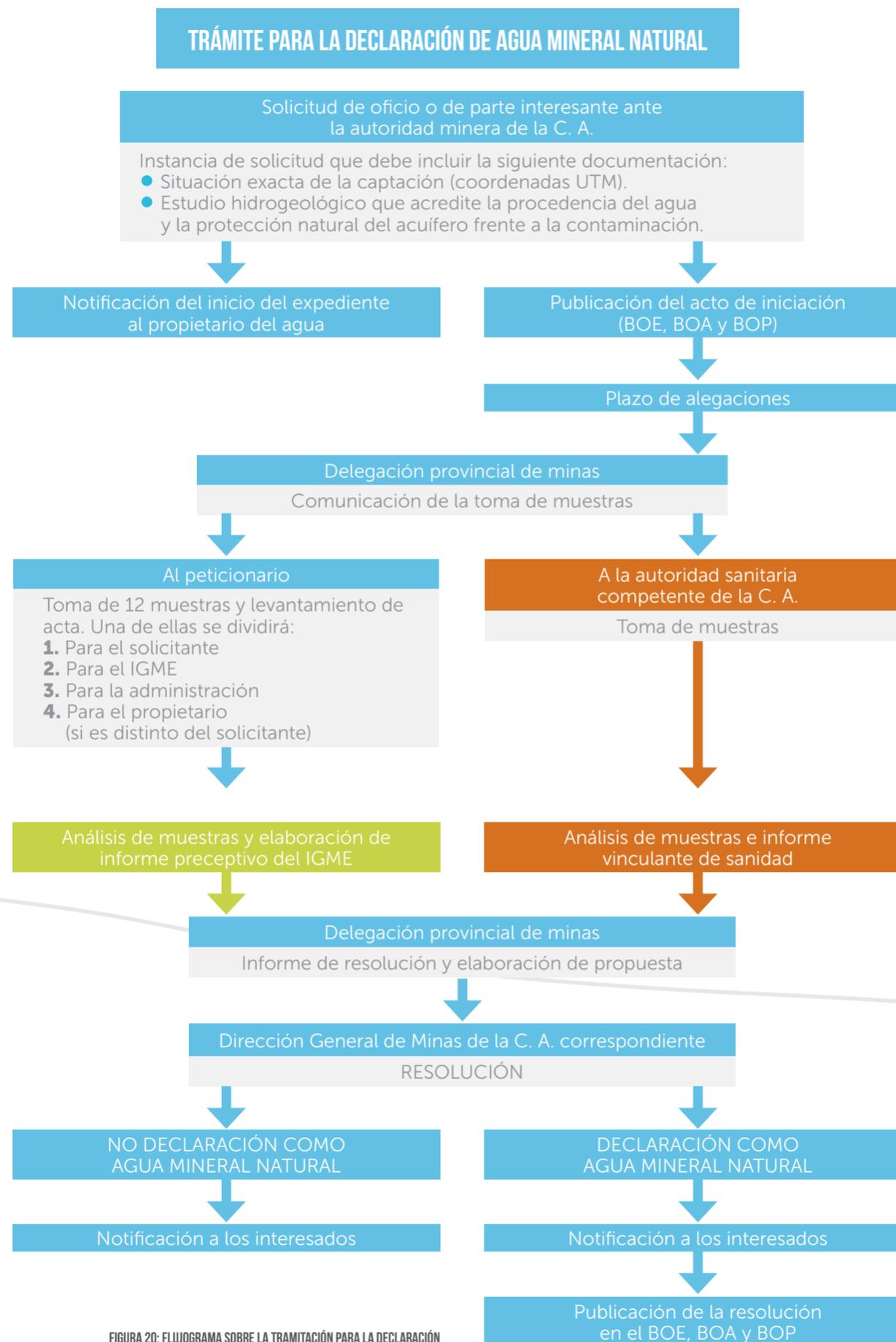


FIGURA 20: FLUJOGRAMA SOBRE LA TRAMITACIÓN PARA LA DECLARACIÓN DE AGUA MINERAL NATURAL. FUENTE: IGME

El Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, incorpora en su artículo 3.1.b), la figura de la **"ampliación del reconocimiento"** de un nuevo manantial o captación subterránea dentro del perímetro de protección otorgado (Figura 21); para lo cual bastará con demostrar, mediante informe hidrogeológico, que el agua procede del mismo acuífero y que su composición físico-química es similar a la que ya ostenta la declaración.

Para ello se procederá a la realización de un análisis, según el procedimiento establecido en la Ley de Minas y se solicitará informe al Instituto Geológico y Minero de España. Esta solicitud vendrá acompañada del informe hidrogeológico mencionado.

En el caso de que la nueva captación o la reprofundización de la existente supusiesen la captación de otro acuífero distinto al que venía utilizándose, deberá iniciarse un **nuevo expediente de declaración** conforme al procedimiento descrito en el Real Decreto 1798/2010.

En este sentido, la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) publicó en 2018 la Nota Interpretativa "Reconocimiento e inscripción de una nueva captación subterránea dentro del perímetro de protección ya reconocido para un Agua Mineral Natural (AMN)".

Ver nota interpretativa AECOSAN en:

http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/interpretaciones/nutricionales/Nota_AMN.pdf

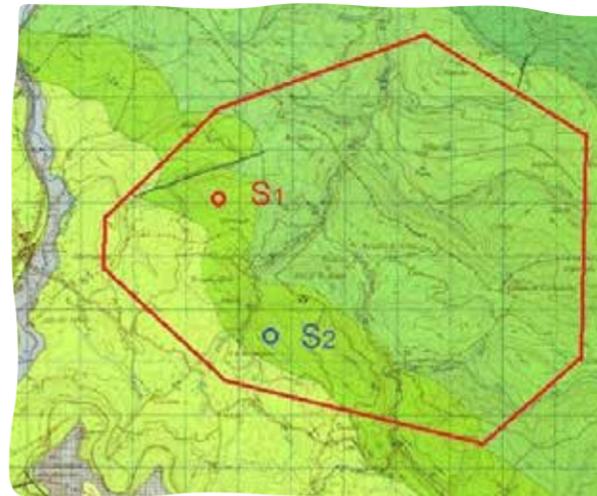


FIGURA 21: AMPLIACIÓN DE RECONOCIMIENTO DENTRO DE UN PERÍMETRO DE PROTECCIÓN YA OTORGADO. FUENTE: IGME

Adicionalmente, **Castilla-La Mancha, Extremadura y Galicia han desarrollado una normativa propia**, en la que se debe proceder a la inscripción de las aguas en el Registro de Aguas Minerales y Termales de dichas comunidades autónomas. Además se contemplan:

- La legislación de **Castilla-La Mancha** (artículo 4.3 de la Ley 8/1990, de 28 de diciembre), **Extremadura** (artículo 5.2 de la Ley 6/1994, de 24 de noviembre) y **Galicia** (artículo 7 de la Ley 5/1995, de 7 de junio), prevén un procedimiento para la declaración de la pérdida de la condición de mineral de un agua.

- En la Ley de **Castilla-La Mancha** (artículo 5 de la Ley 8/1990, de 28 de diciembre) se contempla que el propietario del terreno donde brotan las aguas, o el titular de un derecho de aprovechamiento de las mismas, pueda optar por subrogarse en el expediente de declaración de agua mineral durante la tramitación del mismo.

- En la legislación de **Galicia** (artículos 8 a 12 de la Ley 5/1995, de 7 de junio) se crea una nueva figura de declaración para las aguas de manantial, la del reconocimiento del derecho a la utilización de la denominación, que no existía en la Ley de Minas, aunque sí en la Reglamentación Técnico-Sanitaria de Aguas de Bebida Envasadas de 1991.

DECLARACIÓN DE AGUA DE MANANTIAL

Para proceder a la solicitud de declaración de agua de manantial se realizarán los mismos trámites que para la declaración de agua mineral natural (Figura 22). No obstante, hay algunas variaciones respecto a la misma que se mencionan a continuación.

El análisis de laboratorio realizado a la muestra de agua que se quiere declarar como agua de manantial, comprenderá como mínimo: todas las determinaciones microbiológicas previstas en el Real Decreto 1798/2010, los componentes mayoritarios (cationes y aniones) y aquellos componentes que caractericen a dicha agua, concentración de nitritos, nitratos, pH y conductividad eléctrica. Además, se determinarán, los parámetros físico-químicos indicados en la parte B y C del apartado 2 del anexo IV de dicho Real Decreto (Tabla 8 y 9).

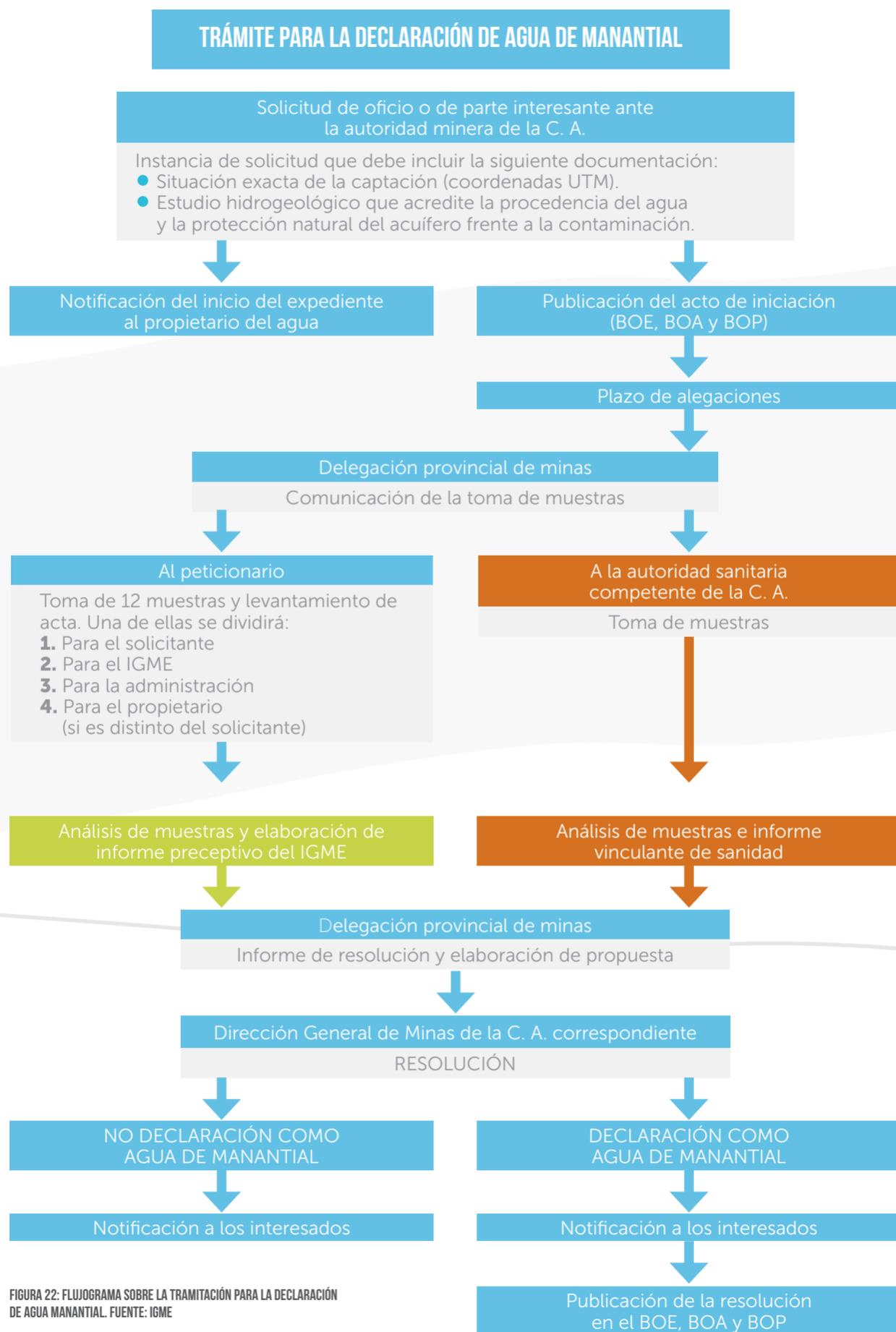


FIGURA 22: FLUJOGRAMA SOBRE LA TRAMITACIÓN PARA LA DECLARACIÓN DE AGUA MANANTIAL. FUENTE: IGME

Parámetro	Valor paramétrico	Unidad	Notas
Antimonio	5,0	µg/l	
Arsénico total	10	µg/l	
Benceno	1,0	µg/l	
Benzo(a)pireno	0,010	µg/l	
Boro	1,0	mg/l	
Cadmio	5,0	µg/l	
Cromo	50	µg/l	Nota 1
Cobre	2,0	mg/l	Nota 1
Cianuro	50	µg/l	
Fluoruro	1,5	mg/l	
Plomo	10	µg/l	Nota 1
Mercurio	1,0	µg/l	
Níquel	20	µg/l	Nota 1
Nitrato	50	mg/l	
Nitrito	0,5	mg/l	
Plaguicidas	0,1	µg/l	Nota 2 y 3
Total plaguicidas	0,5	µg/l	Nota 2 y 4
Hidrocarburos Policíclicos aromáticos	0,10	µg/l	Nota 5
Selenio	10	µg/l	

Nota 1: el valor se aplica a una muestra de agua destinada al consumo humano, obtenida por un método adecuado de muestreo, siempre que sea representativa de un valor medio semanal ingerido por los consumidores.

Nota 2: por «plaguicidas» se entiende: Insecticidas orgánicos, herbicidas orgánicos, fungicidas orgánicos, nematocidas orgánicos, acaricidas orgánicos, algicidas orgánicos, rodenticidas orgánicos, molusquicidas orgánicos, productos relacionados (entre otros, reguladores de crecimiento) y sus pertinentes metabolitos y productos de degradación y reacción. Solo es preciso controlar aquellos plaguicidas que sea probable que estén presentes en un suministro dado.

Nota 3: el valor paramétrico se aplica a cada uno de los plaguicidas. En el caso de aldrin, dieldrin, heptacloro y heptacloroepóxido, el valor paramétrico es de 0,030 µg/l.

Nota 4: por «total plaguicida» se entiende la suma de todos los plaguicidas detectados y cuantificados en el procedimiento de control.

Nota 5: Suma de concentraciones de compuestos especificados. Los compuestos especificados son: Benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(ghi)perileno e indeno(1,2,3-cd)pireno.

TABLA 8: PARTE B APARTADO 2. ANEXO IV. FUENTE: REAL DECRETO 1798/2010

Parámetro	Valor paramétrico	Unidad	Notas
Aluminio	200	µg/l	
Amonio	0,50	mg/l	
Cloruro	250	mg/l	
Color	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos		
Conductividad	2.500	µS cm ⁻¹ a 20 °C	Nota 1
Concentración en iones hidrógeno	≥ 4,5 y ≤ 9,5	Unidades de pH	Nota 2
Hierro	200	µg/l	
Manganeso	0,05	mg/l	
Olor	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos		
Sulfato	250	mg/l	
Sodio	200	mg/l	
Sabor	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos		
Turbidez	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos		
Oxidabilidad	5	mg/l O ₂	
Bacterias coliformes totales	0	Nº/250 ml	

Nota 1: No se aplicará a las aguas de manantial carbónicas en origen.

Nota 2: Para el agua con gas envasada, el valor mínimo podrá ser inferior.

TABLA 9: PARTE C APARTADO 2. ANEXO IV.
FUENTE: REAL DECRETO 1798/2010

7.3 AUTORIZACIÓN O CONCESIÓN DE APROVECHAMIENTO

Una vez declarada la condición de mineral de unas aguas determinadas, si estas son de **dominio privado**, los propietarios de las mismas tendrán opción, durante un año a partir de la notificación de dicha declaración, a solicitar de la Delegación Provincial la oportuna autorización de aprovechamiento, o a cederlo a terceras personas que reúnan los requisitos exigidos para ser titular de derechos mineros.

Si los manantiales o alumbramientos declarados como minerales son de **dominio público**, el derecho preferente a solicitar su aprovechamiento corresponderá a la persona física o jurídica que hubiese iniciado el expediente; de no ejercerse las preferencias indicadas, la Administración puede sacar a concurso público el derecho de aprovechamiento (artículos 25 a 30 de la Ley de Minas y 40 a 45 del Reglamento).

En cualquier caso, el procedimiento a seguir en la solicitud para **la autorización o concesión de aprovechamiento comenzará con la presentación ante la autoridad minera competente de la comunidad autónoma, de la correspondiente instancia**, en la que se hará constar el derecho que asiste al peticionario para el aprovechamiento de las aguas, destino que dará a las mismas, la designación del perímetro de protección que considere necesario y su justificación avalada por un técnico competente. A la instancia se acompañará los siguientes documentos:

- Los que justifiquen su capacidad para ser titular de derechos mineros.
- El proyecto general de aprovechamiento suscrito por un titulado de minas, en el que se incluirá un estudio geológico e hidrogeológico de propuesta de perímetro de protección.
- Las inversiones totales a realizar y el estudio económico de su financiación con garantías.

La delegación provincial comprobará y examinará la documentación presentada y, de encontrarla conforme, determinará, previa inspección del terreno, el perímetro que resulte adecuado para garantizar la protección suficiente al acuífero en cantidad y calidad. Se remitirá el expediente al Instituto Geológico y Minero de España, el cual emitirá un informe en el que aceptará la propuesta de perímetro de protección, u ordenará las modificaciones que estime oportunas.

Aceptada la petición y, en su caso, cumplidas por el peticionario las modificaciones impuestas, se anunciará la solicitud en el «Boletín Oficial del Estado» y en el de la provincia correspondiente, a fin de que los interesados y, en particular, los propietarios de terrenos, bienes o derechos comprendidos en el perímetro de protección, puedan exponer en el plazo de quince días cuanto convenga a sus intereses.

Una vez completado el expediente, se remitirá a informe del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (o equivalente), en orden a la utilización de las aguas para los fines previstos. Este informe tendrá carácter vinculante.

Todo expediente, con anterioridad a la resolución, se remitirá a otros ministerios para su informe en relación con otros posibles aprovechamientos que pudieran estimarse de mayor conveniencia para el interés nacional. De no existir unidad de criterio, el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (o equivalente), elevará la oportuna propuesta a resolución del Consejo de Ministros, a fin de determinar cuál de ellos ha de prevalecer.

De existir conformidad, la Dirección General de Política Energética y Minas otorgará la autorización de aprovechamiento (Figura 23), en la que se hará constar los siguientes extremos:

- a) La persona o personas, físicas o jurídicas, a cuyo favor se otorga la autorización.
- b) Clase y utilización de las aguas objeto de la autorización y caudal máximo a aprovechar y, en su caso, condiciones de regulación del mismo.
- c) Tiempo de duración de la autorización, que en ningún caso rebasará el acreditado en el derecho de aprovechamiento.
- d) Designación del perímetro de protección, con plano de situación.
- e) Las condiciones especiales que en cada caso procedan.

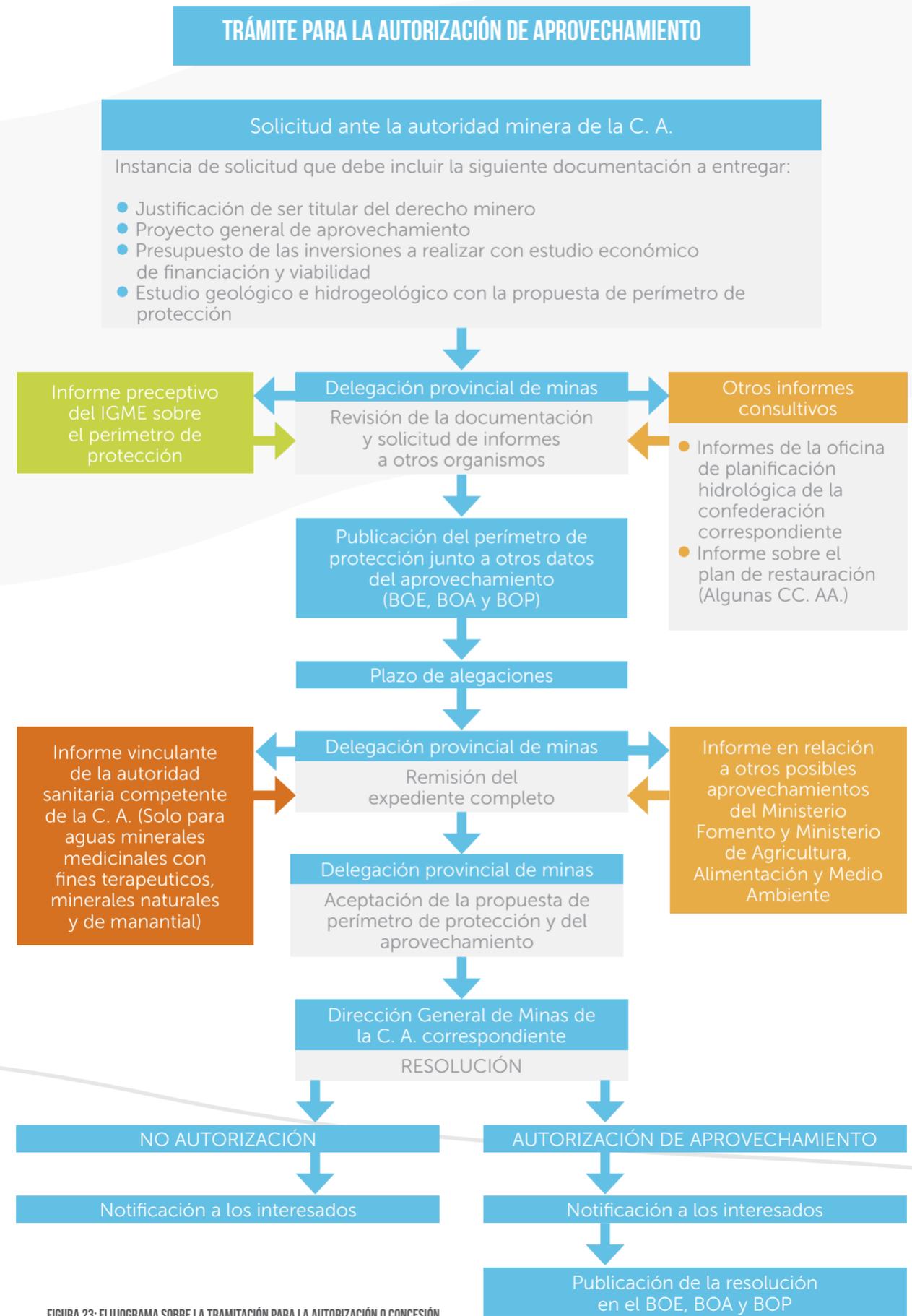


FIGURA 23: FLUJOGRAMA SOBRE LA TRAMITACIÓN PARA LA AUTORIZACIÓN O CONCESIÓN DE APROVECHAMIENTO DE AGUA MINERAL NATURAL. FUENTE: IGME

La autorización administrativa para desarrollar trabajos o actividades dentro del perímetro de protección se otorgará sin perjuicio de terceros y no exonerará, por tanto, de responsabilidad a los que los realicen si afectaran al aprovechamiento de las aguas, debiendo indemnizar a su titular de todos los daños y perjuicios que se ocasionen.

Será necesaria la previa autorización de la Delegación Provincial de Minas para la modificación o ampliación del aprovechamiento. Las modificaciones o ampliaciones de las instalaciones inicialmente aprobadas, así como cualquier paralización que se produzca, irá acompañada de una memoria justificativa de lo que se pretenda y una relación valorada de los trabajos a realizar, pudiendo dicha delegación conceder o denegar la petición, según proceda.

El titular de una autorización de aprovechamiento tendrá derecho a la ocupación temporal o expropiación forzosa de los terrenos necesarios para la ubicación de los trabajos, instalaciones y servicios. A estos efectos el otorgamiento de una autorización de aprovechamiento llevará implícita la declaración de utilidad pública, así como su inclusión en el supuesto del apartado 2 del artículo 108 de la Ley de Expropiación Forzosa.

En el caso de que el titular de una autorización o concesión de aprovechamiento de aguas minerales fuese distinto del propietario de las mismas, cuando estas tenían la consideración de aguas sustantivas o comunes, será también objeto de indemnización el valor de las aguas comunes que dicho propietario viniera utilizando, a no ser que el titular de la autorización las sustituyera por un caudal equivalente.

El titular de la autorización o concesión, indemnizará, si procede, a los propietarios o usuarios de los terrenos que comprendan los perímetros de protección, abonándoles los daños y perjuicios que se les ocasionen como consecuencia de las limitaciones que en el ejercicio de derechos se les impusiera. La fijación de indemnización se regulará de acuerdo con la Ley y el Reglamento de Expropiación Forzosa.

Los motivos principales por los que puede revocarse una autorización o concesión de aprovechamiento según el Real Decreto 2857/1978 son:

- a) Por renuncia voluntaria del titular aceptada por la Administración.
- b) Por falta de pago de los impuestos mineros que lleve aparejada la caducidad.
- c) Por no comenzar los trabajos dentro del plazo de seis meses a contar de la fecha de su otorgamiento, o antes de finalizar las prórrogas que para ello se hubiesen concedido.
- d) Por mantener paralizados los trabajos más de seis meses sin autorización de la Delegación Provincial correspondiente o de la Dirección General de Política Energética y Minas.
- e) Por agotamiento del recurso.
- f) Por incumplimiento de las condiciones impuestas en la autorización.



La normativa autonómica sobre aguas minerales, con incidencia solo en sus territorios respectivos, **introduce algunas innovaciones** significativas que pueden resumirse en los puntos siguientes:

- Las legislaciones de **Castilla-La Mancha y Extremadura** contemplan la concesión administrativa como único modo de acceder a la utilización de aguas minerales, por un plazo igual al de las concesiones de recursos de la Sección C de la Ley de Minas (30 años, con dos prórrogas posibles, hasta un máximo de 90 años). En ambas comunidades el solicitante de la declaración de agua mineral tiene preferencia para solicitar la concesión, aunque en Castilla-La Mancha se da opción al propietario del terreno a subrogarse en la declaración; en el caso de la declaración de oficio la concesión puede otorgarse mediante concurso público.

- La legislación de **Cantabria** mantiene el mismo régimen que la Ley de Minas, es decir, de autorización en terrenos de dominio privado –con preferencia del propietario para solicitarla– y de concesión en terrenos de dominio público –con preferencia para el solicitante de la declaración. Sin embargo, fija un mismo plazo límite de vigencia para las autorizaciones y para las concesiones, 30 años prorrogables hasta un máximo de 90 (artículo 12 del Reglamento).

- La legislación de **Galicia** establece la concesión administrativa como modo normal de acceder al aprovechamiento (artículo 13 de la Ley), aunque mantiene la posibilidad de acceso mediante autorización, sin especificar en qué circunstancias. En cuanto a plazo de vigencia determina el de 30 años prorrogables hasta un máximo de 90, pero solo para las concesiones, sin prever límite temporal para las autorizaciones.

El régimen general de protección de las aguas minerales está determinado en los artículos 26 y 28 de la Ley de Minas, y desarrollado en los artículos 41 y 43 del Reglamento. Se basa en la figura del perímetro de protección (Figura 24). Toda solicitud de aprovechamiento debe ir acompañada de una propuesta justificada de delimitación de perímetro que, tras ser sometida a información pública y a informe preceptivo del IGME, es aprobada o modificada en la resolución del expediente de autorización o concesión.

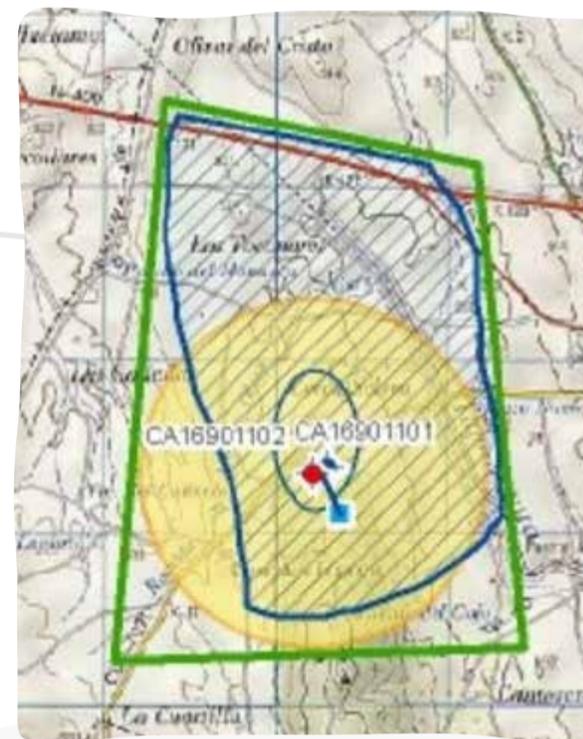


FIGURA 24: PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DE AGUAS MINERALES.
FUENTE: IGME

La aprobación de un perímetro de protección concede a su titular los siguientes derechos:

1. Aprovechar las aguas minerales que se encuentren dentro del perímetro y que pertenezcan al mismo acuífero.
2. Ser oído en los expedientes de autorización de trabajos subterráneos en el interior del perímetro.
3. Impedir que se realicen, dentro del perímetro, trabajos o actividades que pudieran perjudicar al acuífero o a su normal aprovechamiento.

Las legislaciones específicas de las comunidades autónomas de Cantabria, Castilla-La Mancha y Extremadura no introducen variaciones significativas en la regulación de los perímetros de protección.

Por el contrario, la de Galicia sí aporta novedades, estableciendo que el perímetro debe estar constituido por tres zonas: restricciones máximas, restricciones medias y restricciones mínimas, determinadas en función del "tiempo de tránsito" o lapso entre la entrada de una sustancia en el seno del acuífero y su extracción en la captación. El titular del aprovechamiento debe disponer al inicio de la explotación, al menos, de los terrenos que comprenda la zona de restricciones máximas.

El reglamento gallego detalla, además, para cada tipo de actividad potencialmente contaminante, el nivel de limitación a imponer en cada una de las tres zonas del perímetro (prohibición, condicionado o sin limitación).

RELACIONES IGME-ANEABE

8

Uno de los principales objetivos del IGME y ANEABE es la protección, control y cuidado de las aguas minerales españolas, tanto como recurso minero, como producto alimentario.

Por ello, el compromiso y la estrecha colaboración existente entre ambas entidades quedaba reflejada en 2014 mediante la firma de un Convenio Marco de Colaboración en los campos científico, técnico y cultural.



La Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasadas (ANEABE) es la organización que agrupa y representa a prácticamente la totalidad de las empresas que tienen como actividad el envasado de agua en sus diferentes categorías: minerales naturales, de manantial y potables preparadas.

Desde su fundación en 1978, ANEABE ha venido trabajando muy activamente en la defensa de los intereses de sus empresas asociadas, siendo además su portavoz a nivel nacional e internacional y en la promoción de las mismas. Se constituye, pues, como el único interlocutor del conjunto de empresas envasadoras de aguas de bebida en España y así es reconocida por la Administración y otras organizaciones nacionales e internacionales.

Además de estas actuaciones, que suponen un indiscutible valor añadido para las empresas asociadas, ANEABE desarrolla otra serie de actividades entre las que destacan:

- Actividades de representación.
- Asesoramiento e información a los asociados.
- Promoción y actividades divulgativas sobre el agua envasada.
- Defender, promover y salvaguardar los intereses generales de la Asociación y sus miembros.
- Representar a las empresas que lo soliciten ante las diversas entidades, tanto públicas como privadas, siempre que de esta representación no puedan originarse efectos negativos para la Asociación o los demás asociados.
- Apoyar y fomentar la labor de perfeccionamiento de las empresas.
- Estudiar y presentar dictámenes ante los diversos organismos. Colaborar con la Administración en cuantos asuntos sean de interés para la Asociación y sus miembros, sin perjuicio de la independencia de estos, y con las asociaciones y sindicatos de trabajadores, sin injerencias entre unos y otros.
- Informar periódica y oportunamente a los asociados de las diversas disposiciones legales que les afecten y asesorarles.
- Apoyar y fomentar las relaciones que tiendan al mejor logro de estos fines.
- Contribuir al logro de la unidad entre los órganos empresariales a través de posibles Federaciones.
- Realizar cualquier otra actividad en beneficio de las empresas del Sector que la misma Asociación considere conveniente.

Según los Estatutos de la Asociación, sus objetivos son:



El Instituto Geológico y Minero de España fue creado inicialmente para la elaboración del Mapa Geológico Nacional, el reconocimiento de yacimientos minerales y el estudio de las aguas subterráneas en España.

El instituto tiene un papel esencial en el conocimiento de los recursos naturales y del territorio, cubriendo áreas de la ciencia y la tecnología que no cubren otras instituciones, y prestando un servicio continuado a las administraciones públicas y a la sociedad en general. Es la institución homóloga española a otros centros similares de países europeos y entidad de referencia para diversos organismos Iberoamericanos.

Sus orígenes parten de la «Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino», creada por Isabel II mediante Real Decreto de 12 de julio de 1849. A partir de la promulgación de la Ley 6/1977, de 4 de enero, de Fomento de la Minería, el IGME pasó a ser un organismo autónomo.

Sus actividades encaminadas al estudio, investigación y mejora del conocimiento en el campo de las ciencias de la Tierra, determinaron que fuese incluido en el ámbito de aplicación de la Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, lo que le confirió su actual dimensión de organismo público de investigación (OPI), actualmente adscrito al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Tiene atribuidas por ley competencias en relación con las aguas minerales, entre las cuales se incluye la realización de análisis físico-químicos e informes para la declaración de aguas minerales y la elaboración de informes preceptivos dentro de los trámites de la concesión de autorizaciones de aprovechamiento de las mismas.

Estos últimos, son estudios desde el punto de vista geológico, hidrogeológico e hidroquímico, para la definición de perímetros de protección de captaciones de aguas minerales y por tanto para su correcta protección cuantitativa y cualitativa.

Además, según se establece en sus estatutos (R.D. 1953/2000 de 1 de Diciembre), el IGME tiene asignadas entre sus funciones, "la investigación en el campo de las Ciencias de la Tierra". Más concretamente, su encuadre estratégico hace referencia al objetivo de avanzar en el conocimiento sobre el potencial hidromineral del territorio español.

Para dar cumplimiento a las diferentes leyes o reales decretos, así como por la labor investigadora que este centro ha venido y viene desarrollando desde su creación, el IGME ha realizado numerosos trabajos científicos en el campo de las aguas minerales, por el hecho de constituir esta, un recurso de especial interés, integrado en el sistema agua-tierra del que dependemos esencialmente.

Dicha labor se ha visto intensificada en las últimas décadas en las que se ha acentuado sus trabajos de investigación en la profundización de los conocimientos sobre la procedencia y mineralización de estas aguas, que ha conducido, sin lugar a dudas, al esclarecimiento del origen y naturaleza de estos recursos, así como a su mejor protección y cuantificación. Fruto de ello han sido, las innumerables publicaciones de trabajos científicos y la ejecución de diversos proyectos a escala autonómica y provincial.

Asimismo, para potenciar y divulgar el conocimiento de los recursos hidrominerales a nivel nacional, ha organizado y participado en diversas jornadas y congresos científicos tanto nacionales como internacionales.

Se han suscrito convenios con diferentes comunidades autónomas, con el fin de determinar y divulgar su potencial hidromineral para potenciar el sector, ya que la importancia socioeconómica de las plantas de envasado contribuye al desarrollo de las regiones donde se asientan.

En los últimos años el IGME y ANEABE han venido realizando actividades conjuntas en el campo de las aguas minerales, que dieron

lugar, en **diciembre de 2014**, a la **firma de un Convenio Marco de Colaboración entre ambas entidades**, cuyo fines son:

- Poner en valor las aguas minerales naturales como recurso minero y aguas singulares diferentes al resto de aguas de consumo.
- Destacar la singularidad de las Aguas Minerales Naturales como recurso minero renovable.
- Colaborar y favorecer la difusión de campañas y mensajes relativos a la promoción de hábitos saludables y fomento de la cultura del Agua Mineral Natural.
- Informar a la sociedad acerca de la labor que realiza la industria de aguas minerales naturales en materia social, medioambiental y económica.

- Dar mayor visibilidad a los estudios científico-técnicos del IGME y a su importancia para el sector de aguas minerales naturales.

- Poner en valor los estudios de investigación sobre las aguas minerales naturales que realiza el IGME.

- Poner de relieve la relación entre la geología del entorno de las aguas minerales naturales y sus características físico-químicas.

- Comunicar las acciones relativas a la protección de los manantiales de agua mineral natural, conservando su entorno y gestionando los recursos de forma sostenible y responsable.

Ambas instituciones tienen previsto continuar trabajando en los campos científico, técnico y cultural, a fin de informar a las administraciones públicas, instituciones y a la población en general del valor y singularidad de las aguas minerales españolas.



FIRMA CONVENIO DE COLABORACIÓN IGME - ANEABE.
FUENTE: ANEABE

CONCLUSIONES

9

Esta guía es una referencia sectorial acerca de la singularidad de los acuíferos de aguas minerales, así como del sistema que garantiza su sostenibilidad.

Entre otros asuntos, pone de relieve la importancia de la protección natural del recurso y los perímetros de protección, del balance hídrico y de todos los aspectos relativos a las buenas prácticas del Sector en materia de higiene.

A continuación se señalan, brevemente, los aspectos clave a tener en cuenta en relación a las aguas minerales y su sostenibilidad.

1.

Las aguas minerales son un producto alimentario natural y singular que reúne unas características que las hace únicas. Constituyen el único recurso minero renovable procedente de acuíferos subterráneos protegidos de toda contaminación, por lo que son aguas puras desde su origen.

2.

Las aguas minerales de bebida envasada se clasifican en dos tipos: las aguas minerales naturales y las de manantial. Las primeras, a diferencia de las de manantial, se caracterizan por mantener siempre su composición físico-química constante en el tiempo y representan casi la totalidad del consumo de agua envasada en España. Además, existe otra categoría de aguas de bebida envasadas denominadas aguas preparadas.

3.

La utilización de las aguas minerales se remonta a miles de años atrás, sin embargo no ha sido hasta las últimas décadas cuando se ha popularizado el consumo de aguas minerales envasadas.

4.

Las aguas minerales envasadas apenas representan un 0,03% de los recursos hídricos subterráneos disponibles.

5.

Las plantas envasadoras suelen ubicarse en entornos naturales que la industria se encarga de cuidar y proteger para asegurar así su conservación. De esta manera, también contribuyen al desarrollo y generación de empleo en zonas rurales y de poco tejido industrial.

6.

El ciclo del agua o hidrológico representa el movimiento cíclico de dicho elemento, que se viene produciendo de forma continuada desde el origen de la Tierra hasta la actualidad. Un concepto básico asociado al mismo es el tiempo de residencia, que es el tiempo medio que una molécula de agua permanece en los mares, aguas superficiales, atmósfera, etc. En el caso de las aguas minerales, el tiempo de residencia en el acuífero que las alberga suele oscilar entre décadas y miles de años, lo que les otorga una excelente protección natural frente a la contaminación.

7.

Un acuífero es una estructura geológica bajo la superficie del terreno, correspondiente a un estrato o formación geológica, más o menos permeable que puede albergar y transmitir agua. Los acuíferos constituyen la mayor fuente de abastecimiento de agua potable y se clasifican según su capacidad para almacenar y transmitir agua, su comportamiento hidráulico y su textura.

8.

Para la delimitación del perímetro de protección existe una amplia gama de criterios y métodos. La selección del método más idóneo debe fundamentarse principalmente en la hidrogeología y el funcionamiento hidrodinámico del acuífero. El método empleado será distinto si se trata de un acuífero poroso o asimilable al mismo, o bien si se comporta como un medio kárstico o fisurado. En todo caso, siempre debería considerarse el criterio hidrogeológico conjuntamente al método empleado. Por imperativo legal, la zona de captación ha de estar absolutamente protegida.

9.

Existe una legislación específica y muy estricta que regula todos los aspectos relativos a las aguas minerales envasadas. En concreto, para todo el procedimiento de solicitud de declaración y/o autorización de aprovechamiento del agua mineral natural o de manantial, deben aplicarse los requisitos establecidos en la Ley de Minas 22/1973, de 21 de julio, y el reglamento que la desarrolla (R.D. 2857/1978), así como los que figuran en el Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano.

10.

La regulación de las aguas minerales puede sintetizarse, en cuanto a aprovechamiento y protección de este recurso natural, en dos puntos principales. En primer lugar, previamente a la puesta en explotación del recurso, es preciso la declaración de la condición de mineral del agua a aprovechar. En segundo lugar, es necesario obtener la autorización o concesión de aprovechamiento, que precisa, entre otros, un estudio hidrogeológico que debe incluir el caudal óptimo de explotación y la propuesta de perímetro de protección necesario para la preservación cualitativa y cuantitativa del recurso.

11.

El sector de aguas minerales siempre ha estado y está plenamente concienciado y comprometido con el medio ambiente cuidando los manantiales y su entorno, gestionando los recursos hídricos de forma sostenible, con el fin de preservar y asegurar el equilibrio natural de los manantiales en calidad y cantidad.

12.

El caudal de aprovechamiento, concedido por las autoridades para mantener el balance hídrico de la zona y contribuir a la sostenibilidad de los acuíferos, debe ser respetado por la industria envasadora, al no extraer más de lo permitido y mantener unas buenas prácticas en la gestión del mismo.

13.

La seguridad y calidad de las aguas minerales son una prioridad para el Sector. Por ello, se siguen unos estrictos protocolos de seguimiento, control e higiene, tanto del propio recurso como de todo el proceso de envasado.

14.

El Servicio de Aguas Minerales y Termale del IGME constituye una referencia para el conocimiento y protección de los recursos minerales a través de la investigación. Además, realiza funciones de asesoramiento a las administraciones públicas y de difusión del conocimiento en esta materia, contribuyendo a la promoción y desarrollo del sector económico que aprovecha estas aguas.

15.

ANEABE, organización empresarial, sin ánimo de lucro, que trabaja en defensa de los intereses comunes del sector de las aguas minerales, publicó la Guía de Autocontrol de Calidad en las Captaciones de Aguas Envasadas, como referencia para el autocontrol de los recursos hidrológicos y su entorno, así como para la mejora de la gestión de los mismos.

16.

El IGME y ANEABE, durante los últimos años llevan trabajando activamente en la protección, control y cuidado de los recursos minerales. Fruto de esta colaboración fue la firma de un Convenio Marco de Colaboración entre ambas entidades en 2014, con el fin de continuar trabajando en los campos científico, técnico y cultural, para poner en valor la singularidad de las aguas minerales españolas como recurso minero y producto alimentario único.

BIBLIOGRAFÍA

La elaboración del presente documento ha sido posible, en parte, gracias a la información proporcionada por las diferentes referencias empleadas, las cuales se citan a continuación.

- Real decreto-ley aprobando el Estatuto sobre la explotación de manantiales de aguas minero-medicinales. Gaceta de Madrid número 117 publicada el 26 de abril de 1928.
- Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.
- Custodio Gimena E., Llamas MR. Hidrología Subterránea. 1976.
- Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.
- Villanueva Martínez M., Iglesias López A. Pozos y Acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. 1984.
- Ley 2/1988, de 26 de octubre, de fomento de ordenación y aprovechamiento de los balnearios y de las aguas mineromedicinales y/o termales de Cantabria.
- Ley 8/1990, de 28 de diciembre, de Aguas Minerales y Termales de Castilla-La Mancha.
- Moreno Merino L., Martínez Navarrete C. Guía metodológica para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas. 1991.

- Ley 6/1994, de 24 de noviembre, de Balnearios y de Aguas Minero-Medicinales y/o Termales. Comunidad Autónoma de Extremadura.
- Decreto 4/1995 de 31 de Enero por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 8/1980, de 28 de diciembre, reguladora del aprovechamiento, ordenación y fomento de las aguas minerales y termales de Castilla-La Mancha.
- Ley 5/1995, de 7 de junio, de regulación de las aguas minerales, termales, de manantial y de los establecimientos balnearios de la Comunidad Autónoma de Galicia.
- López Geta JA., Matínez Navarrete C., Moreno Merino L., Navarrete Martínez P., Baeza Rodríguez-Caro J. Guía para la elaboración de perímetros de protección de las aguas minerales y termales. 1996.
- Decreto 402/1996, de 31 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de aprovechamiento de aguas mineromedicinales, termales y de los establecimientos balnearios de la Comunidad Autónoma de Galicia.

● Shiklomanov IA. Comprehensive assessment of the freshwater resources of the World. 1997.

● López Geta JA., Pinuaga Espejel JI. Panorama actual de las aguas minerales y minero-medicinales en España. 2000.

● Decreto 116/2001, de 10 de mayo, por el que se modifica el Decreto 402/1996, de 31 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de aprovechamiento de aguas mineromedicinales, termales y de los establecimientos balnearios de la Comunidad Autónoma de Galicia.

● Baeza Rodríguez-Caro J., López Geta JA., Ramírez Ortega A. Las aguas minerales en España. 2001.

● Corral Lledó MM., López Geta JA., Ontiveros Beltranena C., Rico Castreño R. Castilla y León: Las aguas minerales y termales. Panorama actual y perspectivas de futuro. 2010.

● Corral Lledó MM., López Geta JA., Fernández Portal JM., Mijares Coto MJ. Galicia: Historia y evolución científica y técnica del conocimiento de las aguas minerales. 2010.

● Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano.

● Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasadas (ANEABE). Guía de Buenas Prácticas de Higiene en las industrias de aguas de bebida envasadas. 2012

● Díaz Muñoz JA., Pardo Igúzquiza E., Corral Lledó MM., Galindo Rodríguez ME., Ontiveros Beltranena C. Aguas de bebida envasadas y aguas Premium. XIV Congreso Internacional de Energía y Recursos Minerales. 2018. Sevilla.

Esta guía se ha impreso en papel ecológico y tintas biodegradables conforme a los siguientes certificados y sellos medioambientales.



**INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO
DE ESPAÑA**

RÍOS ROSAS, 23, 28003 MADRID

WWW.IGME.ES

**ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS
DE AGUAS DE BEBIDA ENVASADAS**

SERRANO, 76, 28006 MADRID

WWW.ANEABE.COM



aneabe