

LA RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO EN LA ACTUAL PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA Y SU INTERRELACIÓN CON LA RED NATURA 2000.

José Manuel Murillo

Instituto Geológico y Minero de España

Resumen

El trabajo que se presenta se circunscribe a las 9 Demarcaciones hidrográficas intercomunitarias del Estado español y constituye una síntesis de la Actividad 4 de la Encomienda de Gestión suscrita entre la Dirección General del Agua (DGA) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). En dicho trabajo se han identificado aquellos lugares o tramos de río donde los acuíferos drenan a los cauces superficiales, así como aquellos otros donde los ríos son perdedores y recargan a los acuíferos. En función de los datos disponibles se ha cuantificado la ganancia o pérdida que tiene lugar, y cuando ha sido posible tanto la interrelación río-acuífero en régimen natural como influenciado. También se han determinado los lugares donde puntualmente las aguas subterráneas descargan en la superficie del terreno, así como los espacios naturales de la red natura 2000 que presentan interrelación hídrica entre aguas superficiales y subterráneas.

Palabras clave: **Hidrogeología, Masa de agua superficial, Masa de Agua subterránea, Red natura 2000, Relación río-acuífero.**

1. Introducción

El presente trabajo hace referencia al estado del conocimiento que se tiene en la actualidad de la relación río-acuífero en las Demarcaciones hidrográficas intercomunitarias del Estado español, y responde a una primera caracterización, evaluación y cuantificación de la interrelación que existe entre aguas superficiales y subterráneas al objeto de facilitar el proceso de planificación hídrica y el cumplimiento del mandato formulado en la Directiva Marco del Agua (DMC). La falta de conocimiento que se tiene sobre esta materia es un sentimiento común y coincidente en numerosos investigadores y gestores del agua. A este respecto cabe citar a Quevauviller (2011), Estrela (2011) o Sahuquillo (2011). Este último autor apunta en el trabajo al que se hace referencia que “*el conocimiento de los acuíferos y su relación con las aguas superficiales es aún muy deficiente y es urgente remediarlo*”.

La forma de acometer el estudio y la investigación de la interrelación hídrica entre aguas superficiales y subterráneas en el Estado español, durante los próximos años, no se debe circunscribir solo a mejorar o crear códigos informáticos que modelen la relación río-acuífero, si no que se debe centrar en la toma y captura de nuevos datos que actualicen, completen y mejoren la información existente. Un adecuado conocimiento de la relación río-acuífero, tanto desde un punto de vista cuantitativo como cualitativo, se tercia necesario para poder abordar, con éxito y fiabilidad, no solo los clásicos estudios de uso conjunto y gestión integral, modelación matemática y numérica de acuíferos, estimación de balances y cálculo de la recarga natural a los acuíferos; sino también los nexos de unión que ligan la relación río-acuífero con otros aspectos más novedosos de la hidrogeología, tales como el cambio climático; los caudales ecológicos o ambientales; la recarga inducida o “bank filtration”; el estudio y evaluación de la contaminación e hidroquímica vinculada a los intercambios de agua que tienen lugar entre ríos y acuíferos; y el análisis de eventos extremos al objeto de cuantificar la infiltración que tiene lugar en ríos efímeros, ramblas y torrenteras. Por último, dada la creciente importancia que la sociedad otorga en estos momentos a las cuestiones medioambientales y ecológicas, se considera que se debe profundizar tanto en el conocimiento de los espacios naturales de la Red Natura 2000, como de otros humedales españoles no incluidos en ésta, que presentan relación hídrica con las aguas subterráneas.

2. Metodología

La metodología utilizada para identificar, caracterizar y cuantificar la interrelación que existe entre aguas superficiales y subterráneas en lo que respecta a los cursos fluviales, manantiales, y ecosistemas de la red natura 2000 de las 9 Demarcaciones hidrográficas intercomunitarias del Estado español se ha fundamentado en la utilización de cuatro criterios. Éstos son los siguientes: sentido de la relación hídrica, distribución espacial, continuidad o discontinuidad de la conexión hidráulica y régimen hidrológico.

2.1. Sentido de la relación hídrica

Hace referencia a una pérdida o ganancia de agua entre una formación geológica permeable y un río. Se ha analizado tanto en función de datos piezométricos, como hidrométricos y foronómicos. Se han distinguido cuatro situaciones: cauce efluente, cauce influente, cauce con relación variable y cauce con relación compuesta o mixta.

Cauce efluente o ganador: Es aquel que recibe aportes de agua subterránea desde una o varias formaciones geológicas permeables.

Cauce influente o perdedor: Es aquel que cede parcial o totalmente su caudal a favor de una o varias formaciones geológicas permeables.

Cauce con relación variable: Corresponde a aquel cauce que presenta un régimen de pérdida-ganancia de agua variable en el tiempo. Esta circunstancia se produce cuando el nivel freático o piezométrico del acuífero fluctúa por encima o por debajo de la lámina de agua que existe en el cauce del río en un determinado momento.

Cauce con relación compuesta o mixta: Corresponde a una situación muy poco frecuente, que tiene lugar en un tramo de río donde se produce simultáneamente la situación de ganador y perdedor. Es el caso, por ejemplo, de un cauce que discurren sobre una formación geológica permeable a la que cede agua, pero que a su vez es alimentado por manantiales colgados sobre el cauce.

2.2. Distribución espacial de la relación hídrica

Se ha establecido de acuerdo a las siguientes tipologías:

Puntual: La relación de ganancia o pérdida se produce de forma localizada y visible en lugares y puntos concretos de un determinado tramo de un río. Se pueden diferenciar los siguientes subtipos:

a) Punto único: La descarga o pérdida de agua se produce de forma visible en un único lugar.

b) Puntual agrupada: La descarga o pérdida de agua tiene lugar a través de varios puntos de agua perfectamente diferenciables entre sí.

Difusa: La relación de ganancia o pérdida se produce a lo largo de un tramo más o menos largo del cauce de un río sin que se pueda identificar una descarga o un sumidero concreto.

Mixta: Se trata de aquellos casos en los que para un mismo tramo de un río es posible

identificar simultáneamente una ganancia o pérdida de agua tanto de tipo difuso como puntual.

2.3. Continuidad o discontinuidad de la conexión hidráulica

Contempla el estudio de la situación que existe entre el nivel de agua en el río y el piezométrico en los acuíferos que están interconectados con el curso fluvial. Dependiendo de la posición que ocupe uno u otra se establecen dos situaciones, que hacen referencia a la continuidad o discontinuidad hidráulica de la relación río-acuífero. A la primera situación se la ha denominado *directa* y a la segunda *indirecta*. Esta última se produce cuando el nivel del acuífero desciende por debajo de la cota del lecho del río y ambos quedan desconectados hidráulicamente entre sí, dando lugar a una infiltración constante de agua (Efecto ducha).

2.4. Régimen hidrológico

Se han distinguido los siguientes:

Natural: Régimen hidrológico sin antropizar por el hombre o escasamente alterado.

Natural modificado: Régimen hidrológico alterado con respecto al natural, pero las acciones realizadas hasta el momento no han modificado la tipología de la relación río-acuífero en régimen natural, aunque sí han ocasionado una variación en el volumen de agua intercambiado entre el río y el acuífero.

Influenciado: Régimen hidrológico muy diferente al natural, que ha dado lugar a una modificación de la tipología de la relación río-acuífero y de la cuantía del volumen de agua intercambiado.

2.5. Tablas síntesis

En las tablas 1, 2 y 3 se muestran las diferentes tipologías que se han definido a partir de los tres primeros criterios establecidos en el presente apartado metodológico. Cada tipología de las que figuran en dichas tablas se debe acompañar siempre de las condiciones hidrológicas (naturales, modificadas o influenciadas) imperantes durante el periodo analizado.

3. Datos de partida

La información de partida, que se ha utilizado para la identificación y caracterización de las descargas que tienen lugar a través de manantiales, proviene de la base de datos AGUAS del IGME, que contiene información de 23.228 manantiales en el ámbito del estudio realizado. De éstos, poseen datos de caudal 19.061, que en su mayoría responden a un único valor que se tomo en la fecha en el que se inventarió el manantial, a veces esta medida data de la lejana década de 1960, y en un orden menor a controles hidrométricos puntuales, que se realizaban con periodicidad mensual, bimensual, trimestral o semestral. Raros son los manantiales que poseen registros continuos de cadencia diaria u horaria. También se han utilizado datos de las bases hidrométricas de la Diputación provincial de Alicante y de las distintas confederaciones hidrográficas, principalmente del Júcar y Ebro.

Las descargas o las pérdidas que se producen en los ríos se han analizado a partir de la red foronómica del IGME y de las estaciones de control y medida de caudales de Ministerio de Medio Ambiente. En determinados casos se han utilizados datos procedentes de otros

organismos como el EVE (Ente Vasco de la Energía), Universidades, Comunidades Autónomas y Administraciones Locales. Los datos piezométricos que se han utilizado proceden fundamentalmente de la red del IGME y del Ministerio de Medio Ambiente.

Tabla 1 Tipologías de interrelación entre aguas superficiales y subterráneas en lo que respecta a una distribución espacial difusa.

| Continuidad o discontinuidad de la conexión hidráulica | Sentido (pérdidas-ganancias) | Descripción |
|--|------------------------------|--|
| Directa | Ganador | El río gana, pierde, o mantiene una relación variable de pérdida o ganancia de agua a lo largo de un tramo concreto del mismo y de un determinado intervalo de tiempo, sin que exista desconexión hidráulica entre el río y el acuífero, y sin que se pueda identificar el punto o los puntos por donde se recarga o se descarga el agua. |
| | Perdedor | |
| | Variable | |
| Indirecta con efecto ducha en acuíferos de tipo granular | Perdedor | El río atraviesa una formación geológica permeable, pero su curso se encuentra descolgado respecto de la superficie piezométrica del acuífero, dando lugar a lo largo de un tramo más o menos extenso de su cauce a una pérdida de agua, que se denomina “efecto ducha”. |
| | Variable | La posición de la superficie piezométrica con respecto a la lámina de agua del río puede fluctuar, y el río presentar un comportamiento tanto de efluente como de influente a lo largo de un tramo más o menos extenso del mismo. Cuando el río es ganador, la conexión hidráulica es siempre de tipo directo, pero cuando es perdedor, la conexión puede pasar a indirecta en el instante en que la superficie piezométrica desciende por debajo de la cota en que se descuelgan el río y el acuífero. En ese momento aparece el denominado efecto ducha. |
| Indirecta con efecto ducha en acuíferos de tipo kárstico | Perdedor | El río, que discurre sobre una formación geológica permeable más o menos karstificada, presenta en el lecho de su cauce, que se sitúa a mayor cota topográfica que la superficie piezométrica del acuífero, multitud de grietas, fracturas y oquedades a través de las que se produce una recarga de agua al acuífero de tipo ducha, sin que se identifique, a lo largo del tramo en que se produce dicho fenómeno, un lugar concreto donde se produzca una pérdida predominante. |
| | Variable | El río, que tiene una fisiografía como la descrita en el apartado anterior, presenta un régimen variable de ganancia o pérdida a lo largo de un tramo más o menos grande. Cuando su comportamiento es de río efluente, la conexión hidráulica se puede considerar que es de tipo directo, aunque la descarga de agua no se produce realmente de forma totalmente continua, pero cuando se comporta como influente, la conexión hidráulica es de tipo indirecto, ya que la superficie piezométrica del acuífero se descuelgan físicamente del río y se sitúa por debajo de la cota del lecho del mismo. |
| Indirecta con flujo profundo | Ganador | El flujo subterráneo responde a un esquema de circulación profunda a través formaciones geológicas de comportamiento acuitardo, que descargan directamente a los cauces naturales, o bien a un acuífero (aluvial o terraza fluvial), situado a techo de la formación de baja permeabilidad, que está en conexión directa con el cauce del río. |
| Indiferenciada | Perdedor | La relación río-acuífero es de tipo difuso, pero se desconoce si es directa o indirecta. |
| | Variable | Se trata de un río de régimen variable que, cuando se comporta como perdedor, se desconoce si existe conexión difusa directa o indirecta. |

Muchos de los datos que se han utilizado únicamente son representativos de un cierto periodo de tiempo, que generalmente se localiza a finales de la década de 1979, comienzos de la de 1980, principios de la de 1990 o en años aislados como el 2001 y el 2007. Un papel preponderante en el análisis realizado corresponde a los datos tomados hace más de treinta años durante la realización del PIAS (Plan de Investigación de Aguas Subterráneas). Sin los mismos no hubiera sido posible realizar la síntesis que se presenta.

Tabla 2 Tipologías de interrelación entre aguas superficiales y subterráneas en lo que respecta a una distribución espacial puntual.

| Distribución espacial | | Continuidad o discontinuidad de la conexión hidráulica | Sentido (pérdidas-ganancias) | Descripción |
|-----------------------|-------------|--|------------------------------|--|
| Puntual | Punto único | Directa | Ganador | El cauce es receptor de una descarga subterránea a favor de un único manantial, independientemente de que éste drene directamente al cauce principal o a un tributario del mismo. |
| | | Indirecta | Perdedor | El acuífero es receptor de una recarga a favor de un único sumidero, bien localizado directamente en el cauce principal o bien en un tributario del mismo. |
| | Agrupada | Directa | Ganador | El cauce es receptor de una descarga de agua subterránea a favor de un grupo de manantiales, independientemente de que éstos drenen directamente al cauce principal o a uno o varios de sus tributarios. |
| | | Indirecta | Perdedor | El acuífero es receptor de una recarga a favor de varios sumideros, bien localizados directamente en el cauce principal o bien en tributarios del mismo. |

Tabla 3 Tipologías de interrelación entre aguas superficiales y subterráneas en lo que respecta a una distribución espacial mixta.

| Continuidad o discontinuidad de la conexión hidráulica | | Sentido (pérdidas-ganancias) | Descripción |
|--|--|------------------------------|---|
| Directa | | Ganador | En un mismo tramo de un río es posible identificar simultáneamente una ganancia y una pérdida de agua, tanto de tipo difuso como puntual con un resultado global de ganancia. |
| | | Perdedor | En un mismo tramo de un río es posible identificar simultáneamente una ganancia y una pérdida de agua, tanto de tipo difuso como puntual con un resultado global de pérdida. |
| | | Variable | En un mismo tramo de un río es posible identificar simultáneamente una ganancia y una pérdida de agua, tanto de tipo difuso como puntual, con un resultado global de un régimen alternante para un determinado periodo de tiempo. |
| Indirecta | | Ganador | En un mismo tramo de un cauce existe al tiempo una conexión difusa indirecta y una descarga de un manantial o un grupo de manantiales con un resultado global de ganancia. |
| | | Perdedor | En un mismo tramo de un cauce existe al tiempo una conexión difusa indirecta y una descarga de un manantial o un grupo de manantiales con un resultado global de pérdida. |
| | | Variable | En un mismo tramo de un cauce existe al tiempo una conexión difusa indirecta y una descarga de un manantial o un grupo de manantiales con un resultado global de un régimen alternante para un determinado periodo de tiempo. |

4. Resultados obtenidos

En la tablas 4 se muestra para las Demarcaciones hidrográficas intercomunitarias el número de tramos de ríos y la longitud de los mismos que son ganadores, perdedores o tienen una relación hídrica variable. En la tabla 5 el número de tramos identificados para cada una de las

tipología de relación río acuífero definidas en el apartado de metodología y en la 6 la longitud total de estos. En ambas tablas los resultados se han estructurado por Demarcaciones hidrográficas intercomunitarias.

Tabla 4 Número de tramos y longitud de los mismos para cada Demarcación intercomunitaria atendiendo al sentido de la relación hídrica.

en sentido de la relación marca:

| Demarcación | Tipología del tramo | | | | | | Total | |
|--------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| | Ganador | | Perdedor | | Variable | | | |
| | Número de tramos | Longitud total (km) | Número de tramos | Longitud total (km) | Número de tramos | Longitud total (km) | Número de tramos | Longitud total (km) |
| Cantábrico | 207 | 1107 | 23 | 96 | 5 | 7 | 235 | 1210 |
| Duero | 147 | 3524 | 12 | 190 | 20 | 1061 | 179 | 4775 |
| Ebro | 371 | 2493 | 80 | 371 | 23 | 245 | 474 | 3109 |
| Guadalquivir | 339 | 2256 | 32 | 211 | 4 | 68 | 375 | 2535 |
| Guadiana | 16 | 325 | 20 | 529 | 6 | 165 | 42 | 1019 |
| Jucar | 252 | 2487 | 84 | 755 | 21 | 126 | 357 | 3368 |
| Segura | 145 | 717 | 29 | 184 | 10 | 73 | 184 | 974 |
| Miño-Sil | 12 | 307 | 0 | 0 | 13 | 399 | 25 | 706 |
| Tajo | 54 | 1192 | 7 | 128 | 24 | 498 | 85 | 1818 |
| Total | 1543 | 14408 | 287 | 2464 | 126 | 2642 | 1956 | 19514 |

De acuerdo con los datos que figuran en la tabla 4, se han identificado 1956 tramos de ríos donde existe interrelación entre aguas superficiales y subterráneas. Dichos tramos se extienden a lo largo de 19514 kilómetros. Del total de tramos identificados 1543 son ganadores, 283 perdedores y 126 variables según época del año o tipología climática. Dichos tramos ocupan respectivamente una longitud de 14408 km, 2464 km y 2642 km.

Tabla 5. Número de tramos por Demarcaciones intercomunitarias que se han identificado para las tipologías de relación río-acuífero definidas en el apartado de metodología.

| Tipología de relación río-acuífero | | Número de tramos definidos | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| | | Demarcación | | | | | | | | |
| | | Can | Due | Ebr | Guada | Guadi | Júc | Seg | Miñ | Taj |
| Difusa directa (por cauce) | En cauces efluentes | 13 | 39 | 149 | 44 | 8 | 64 | 27 | 13 | 24 |
| | En cauces influentes | | | 13 | | 5 | | | | 6 |
| | En cauces variables | | | 21 | | 6 | | | | 9 |
| Difusa indirecta (por cauce) | Efecto ducha | 0 | 10 | 34 | 26 | 15 | 92 | 15 | 0 | 0 |
| | Tipo sumidero | 11 | 3 | 27 | 0 | | 1 | 4 | 0 | 2 |
| | Flujo profundo | 4 | 34 | 3 | 26 | | 45 | 10 | 0 | 8 |
| | Indiferenciada | 15 | 5 | 5 | 4 | | 3 | 11 | 0 | 1 |
| Descarga puntual | Un solo manantial | 24 | 17 | 74 | 74 | 6 | 42 | 30 | 0 | 8 |
| | Grupo de manantiales | 64 | 38 | 78 | 138 | | 53 | 71 | 6 | |
| Conexión mixta (por cauce y manantial) | Directa y puntual | 97 | 20 | 54 | 57 | 2 | 32 | 14 | 6 | 14 |
| | Indirecta y puntual | 7 | 13 | 15 | 6 | | 25 | 2 | 0 | 0 |
| Difusa indiferenciada | Cauces variables | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| Total | | 235 | 179 | 474 | 375 | 42 | 357 | 184 | 25 | 85 |

La Demarcación Hidrográfica (Tabla 4) con un mayor número de tramos ganadores es la del río Ebro con 371, pero la que tienen una mayor longitud con esta tipología es la del río Duero. La cuenca con mayor número de tramos perdedores es la del río Júcar con 84. Esta cuenca también posee la mayor longitud de tramos perdedores con 755 km. Por último, por lo que respecta a la tipología de tipo variable, es la Demarcación Hidrográfica del Tajo con 24 tramos la que ostenta la primacía, pero en longitud lo es la del río Duero con 1061 km.

Por lo que respecta a las tipologías definidas en el apartado de metodología (Tabla 5), la más numerosa es la correspondiente a descarga puntual, bien se produzca ésta a través de un único manantial o mediante drenaje de varias surgencias. El Júcar es la Demarcación Hidrográfica con un mayor número de tramos de tipología difusa (64), efecto ducha (96), flujo profundo (45) y conexión mixta por cauce y manantial de tipo indirecto y puntual (25). La del Ebro en el tipo sumidero (27) y descarga por un único manantial (74). La del Guadalquivir en el tipo descarga por grupo de manantiales (138) y descarga por un único manantial (74). Por último, la Demarcación del Cantábrico lo es en la tipología que se ha definido como conexión mixta por cauce y manantial de tipo directo y puntual (97).

Tabla 6. Longitud total por Demarcaciones intercomunitarias de los tramos identificados para cada tipología de relación río-acuífero definida en el apartado de metodología.

| Tipología de relación río-acuífero | | Longitud de los tramos definidos (km) | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|------|------|-------|-------|------|-----|-----|------|-------|
| | | Demarcación | | | | | | | | | |
| | | Can | Due | Ebr | Guada | Guadi | Júc | Seg | Miñ | Taj | Total |
| Difusa directa (por cauce) | En cauce efluente | 34 | 1706 | 1790 | 482 | 129 | 1089 | 181 | 399 | 617 | 7414 |
| | En cauce influente | | | 87 | | 183 | | | | 123 | |
| | En cauce variable | | | 240 | | 165 | | | | 189 | |
| Difusa indirecta (por cauce) | Efecto ducha | 0 | 320 | 186 | 178 | 346 | 816 | 83 | 0 | 0 | 4402 |
| | Tipo sumidero | 22 | 13 | 74 | 0 | | 3 | 8 | 0 | 33 | |
| | Flujo profundo | 15 | 1241 | 13 | 321 | | 324 | 42 | 0 | 149 | |
| | Indiferenciada | 71 | 24 | 26 | 8 | | 18 | 63 | 0 | 5 | |
| Descarga puntual | Un solo manantial | 36 | 22 | 79 | 215 | 55 | 106 | 89 | 0 | 45 | 3382 |
| | Grupo de manantiales | 276 | 706 | 219 | 692 | | 260 | 414 | 168 | | |
| Conexión mixta por cauce y manantial | Directa y Puntual | 727 | 429 | 325 | 609 | 141 | 366 | 90 | 139 | 242 | 4081 |
| | Indirecta y Puntual | 29 | 314 | 66 | 30 | | 386 | 4 | 0 | 184 | |
| Difusa indiferenciada | Cauces variables | | | 4 | | | | | | 231 | 235 |
| Total | | 1210 | 4775 | 3109 | 2535 | 1019 | 3368 | 974 | 706 | 1818 | 19514 |

Por lo que respecta a la longitud de los tramos de cada una de las tipologías definidas en el apartado de metodología, el Duero es la Demarcación Hidrográfica con una mayor longitud en las siguientes: difusa directa (1706 km), flujo profundo (1241 km), descarga por grupo de manantiales (706 km) y conexión mixta por cauce y manantial de tipo indirecto y puntual (314 km). El Júcar lo es en efecto ducha (816 km), el Ebro en tipo sumidero (74 km), el Guadalquivir en descarga por un único manantial (215 km) y el Cantábrico en conexión mixta por cauce y manantial de tipo directo y puntual (727 km)

En la tabla 7 se muestra la cuantificación del agua que se gana, pierde o responde a un régimen variable en los tramos donde se ha identificado que existe relación río-acuífero, y dicho cálculo se ha podido realizar con una cierta fiabilidad. En la citada tabla el término ganancia se ha discreteado en tres términos. Dos corresponden a las que tienen su origen en una descarga estricta a través de manantiales o a través de cauces. La tercera corresponde a aquella donde no se han podido separar ambos orígenes.

La cuantía de la ganancia de agua se ha podido determinar en el 40% de los tramos que se indican en la tabla 4, mientras que la pérdida de agua y el régimen variable en tan solo el 10%. En la única Demarcación en la que se puede considerar aceptable la cuantificación de la ganancia de agua es en la del Ebro, ya que se ha podido estimar en el 50 % de los tramos que presentan relación río-acuífero, aunque en la Depresión Central no se ha podido calcular su valor en casi ningún río, salvo en algunos tramos del Segre, Guatizalema, Huecha y Jalón. Esto mismo ocurre para el Dominio Maestrazgo-Catalánide de dicha Demarcación. En todas las Demarcaciones Hidrográficas la mayor parte de la cuantificación realizada, salvo en las zonas de cabecera, responde a un régimen influenciado.

El desconocimiento que se tiene sobre la cuantificación de las pérdidas y del régimen variable es prácticamente absoluto en las Demarcaciones del Duero, Guadiana, Júcar, Miño-Sil y Segura, y muy importante en el resto. En la Demarcación hidrográfica del Miño-Sil no se ha podido cuantificar ni un solo tramo bien sea este ganador, perdedor o de régimen variable.

Tabla 7 Cuantificación del agua que se gana, pierde o responde a un régimen de tipo variable en los tramos de los ríos de las Demarcaciones hidrográficas intercomunitarias en los que se ha identificado que existe relación río-acuífero.

| Demarcación Hidrográfica | Ganancia por manantiales (hm ³ /a) | Ganancia por cauce (hm ³ /a) | Ganancia por cauce y manantiales (hm ³ /a) | Totales Ganancia (hm ³ /a) | Pérdida (hm ³ /a) | Régimen variable (hm ³ /a) |
|-----------------------------|---|---|--|---|---------------------------------|---|
| Cantábrico | 760,5 | 47,4 | 242,0 | 1049,9 | 60,1 | 13,1 |
| Duero | 233,1 | 1545,8 | 208,3 | 1987,2 | 65,3 | - |
| Ebro | 1669,4 | 62,7 | 1081,2 | 2813,3 | 44,0 | 8,7 |
| Guadalquivir | 427,9 | 87,6 | 134,3 | 649,8 | 77,9 | 23,5 |
| Guadiana | 4,8 | 53,5 | 99,6 | 157,9 | | 2,2 |
| Júcar | 288,5 | 21,4 | 511,9 | 821,8 | 50,7 | - |
| Miño-Sil | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Segura | 120,2 | 67,9 | 11,9 | 200,0 | 18,5 | 32,1 |
| Tajo | 7,9 | 961,2 | 37,4 | 1006,5 | 485,7 | 588,4 |
| Totales | 3512,3 | 2847,5 | 2326,6 | 8686,4 | 802,2 | 668,0 |

En la Tabla 8 se indican el número de lugares pertenecientes a la red natural 2000 en los que existe interrelación entre aguas superficiales y subterráneas en las Demarcaciones intercomunitarias. Un total de 665 Lugares de la Red Natura 2000 (438 LICs y 227 ZEPAs) presentan algún tipo de interrelación hídrica con las aguas subterráneas. Esta cifra supone casi el 44 % de los espacios naturales pertenecientes a la Red Natura 2000. Este porcentaje es superior al 50 % en las Demarcaciones de Cantábrico, Duero, Guadalquivir y Júcar. La Demarcación hidrográfica con un mayor número de LICs y ZEPAs que presentan interrelación hídrica entre aguas superficiales y subterráneas es la del Ebro. El porcentaje de superficie de masas de agua subterránea ocupadas por LICs es del 20% y el de ZEPAs del 19%. La Demarcación Hidrográfica con un mayor porcentaje de superficie de masas de agua subterránea ocupadas por LICs es la del Guadalquivir (26,60%) y por ZEPAs la del Tajo (27,40%).

Tabla 8. Número de Lugares de la Red Natura 2000 que presentan algún tipo de interrelación hídrica con las aguas subterráneas en las Demarcaciones intercomunitarias.

| Demarcación Hidrográfica | Lugares de la Red Natura 2000 | | | Porcentaje de superficie de las masas de agua subterránea ocupada por: | | Lugares pertenecientes a la Red Natura 2000 con interrelación entre aguas superficiales y subterráneas | | | Porcentaje de lugares de la red natura 2000 relacionados con las aguas subterráneas respecto del total |
|--------------------------|-------------------------------|-------|---------|--|-------|--|-------|---------|--|
| | LICs | ZEPAs | Totales | LICs | ZEPAs | LICs | ZEPAs | Totales | |
| Cantábrico | 109 | 29 | 138 | 20,70 | 14,6 | 61 | 20 | 81 | 58,70 |
| Duero | 115 | 70 | 185 | 17,56 | 18,28 | 56 | 39 | 95 | 51,35 |
| Ebro | 302 | 135 | 437 | 19,60 | 23,00 | 119 | 56 | 175 | 40,05 |
| Guadalquivir | 81 | 31 | 112 | 26,60 | 20,20 | 44 | 18 | 62 | 55,36 |
| Guadiana | 85 | 54 | 139 | 5,10 | 8,70 | 12 | 11 | 23 | 16,55 |
| Júcar | 125 | 55 | 180 | 22,45 | 20,84 | 65 | 33 | 98 | 54,44 |
| Miño-Sil | 29 | 12 | 41 | 19,80 | 11,00 | 10 | 4 | 14 | 34,15 |
| Segura | 75 | 30 | 105 | 22,00 | 23,10 | 33 | 17 | 50 | 47,62 |
| Tajo | 102 | 79 | 181 | 25,50 | 27,40 | 38 | 29 | 67 | 37,02 |
| Totales | 1023 | 495 | 1518 | 19,92 | 18,57 | 438 | 227 | 665 | 43,81 |

En la Tabla 9 se indican el número de tramos con relación río-acuífero en lugares pertenecientes a la red natura 2000 en las Demarcaciones intercomunitarias atendiendo al sentido de la relación hídrica (régimen ganador, perdedor y variable). En dicha tabla se observa que el número total de tramos de río con relación río-acuífero en lugares pertenecientes a la red natura 2000 es de 1233. Esta cantidad representa el 63 % del total de tramos de río en los que existe relación río-acuífero en las Demarcaciones intercomunitarias. El número de tramos ganadores, perdedores y de régimen variable con relación río-acuífero en lugares pertenecientes a la red natura 2000 es respectivamente de 1002, 165 y 66.

5. Conclusiones

En numerosos casos, los datos que se han utilizado, que son prácticamente la mayoría de los existentes, responden a series cortas, discontinuas y/o sin periodicidad, por lo que no han permitido elaborar unos modelos conceptuales de funcionamiento de las relaciones río-acuífero robustos y consistentes, ni cuantificar una pérdida o ganancia de agua sustentada en series de datos suficientemente largas y representativas.

Los resultados que se han obtenido se pueden catalogar de imprecisos y representativos únicamente de un cierto periodo de tiempo, que en un porcentaje elevado se localiza a comienzos de la década de 1980, por lo que no caracterizan ni describen la situación actual, que después del proyecto sigue sin conocerse. El estudio realizado sí ha servido para caracterizar y precisar situaciones pasadas en lugares concretos.

Tabla 9. Tramos con relación río-acuífero en lugares pertenecientes a la red natura 2000.

| Demarcación Hidrográfica | Tramos ganadores | | Tramos perdedores | | Tramos variables | | Tramos totales con relación río-acuífero en lugares pertenecientes a la red natura 2000 | % de tramos de ríos con relación río-acuífero en la red natura 2000 respecto del total de tramos en los que existe relación río-acuífero en las Demarcaciones intercomunitarias |
|-----------------------------|---------------------|------|----------------------|------|---------------------|------|---|---|
| | Nº | % | Nº | % | Nº | % | | |
| Cantábrico | 136 | 87 | 16 | 10 | 5 | 3 | 157 | 65,9 |
| Duero | 96 | 82 | 7 | 6 | 14 | 12 | 117 | 67,2 |
| Ebro | 218 | 76 | 60 | 21 | 8 | 3 | 286 | 60,3 |
| Guadalquivir | 200 | 96 | 9 | 4 | 0 | 0 | 209 | 55,7 |
| Guadiana | 7 | 50 | 5 | 36 | 2 | 14 | 14 | 33,3 |
| Júcar | 166 | 80 | 27 | 13 | 15 | 17 | 208 | 58,3 |
| Miño-Sil | 6 | 50 | 0 | 0 | 6 | 50 | 12 | 48,0 |
| Segura | 119 | 82 | 18 | 12 | 8 | 6 | 145 | 78,8 |
| Tajo | 54 | 64 | 23 | 27 | 8 | 9 | 85 | 77,6 |
| Totales | 1002 | 64,9 | 165 | 57,5 | 66 | 52,4 | 1233 | 63,0 |

Las tablas que se presentan en la presente comunicación no son representativas de un determinado momento, ni caracterizan valores medios, pues responden a resultados obtenidos con datos de partida que presentan una temporalidad y una espacialidad dispersa y muy heterogénea. No obstante, el proyecto tiene su parte positiva, pues ha permitido ordenar una ingente cantidad de información y tener una idea de la enorme cantidad de tramos de ríos donde existe interrelación entre aguas superficiales y subterráneas, así como cuantificar en la medida de lo posible el volumen de agua que se gana o se pierde en ciertos tramos. Otro acierto del proyecto ha sido cuantificar, quizás por primera vez, la importante interdependencia que existe entre los espacios de la Red Natura 2000 y las aguas subterráneas.

En función de los resultados que ha proporcionado el estudio, que se sintetiza en la presente comunicación, se estima necesario elaborar un plan de seguimiento y control, que incluya la propuesta de nuevos puntos de medida, que permitan obtener una información más precisa y detallada, que conduzca a un mejor conocimiento en un futuro próximo de la interrelación que existe entre las aguas superficiales y las subterráneas, ya que el existente en la actualidad, se puede catalogar de bastante precario. Dicho plan se debería de abordar de acuerdo a una red de aforos constituida por 1147 nuevas secciones de control, que en principio bastaría medir durante dos o tres años, quizás algo más dependiendo de la secuencia climática que se presente.

6. Referencias bibliográficas

Estrela, T. (2011): “El agua subterránea en los actuales planes de cuenca”. Congreso Ibérico Aguas Subterráneas: desafíos de la gestión para el siglo XXI. AIH-GE. Versión electrónica.

Quevauviller, P. (2011): “Desafíos de la gestión del agua subterránea en el siglo XXI en Europa”. Congreso Ibérico Aguas Subterráneas: desafíos de la gestión para el siglo XXI. AIH-GE. Versión electrónica.

Sahuquillo Herráiz, A. (2011): “La gestión de los recursos hidráulicos ante el cambio climático”. Congreso Ibérico Aguas Subterráneas: desafíos de la gestión para el siglo XXI. AIH-GE. Versión electrónica.